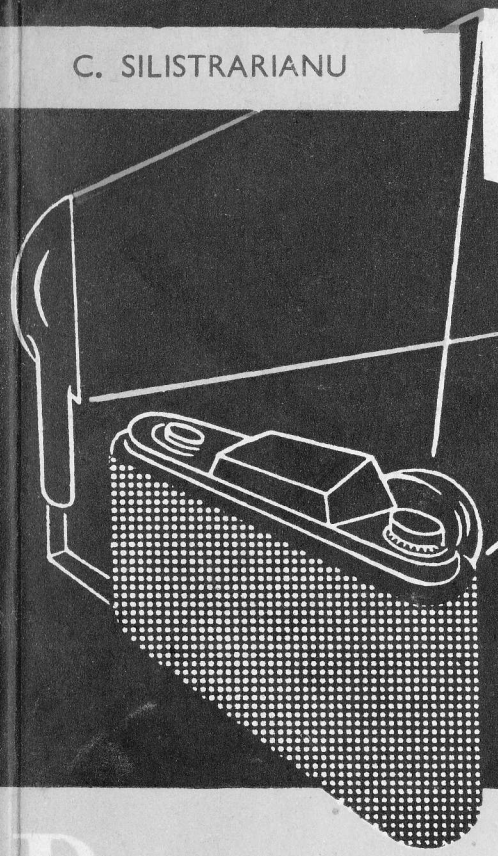
C. SILISTRARIANU

FOTO



PUNEREA LA PUNCT LA FOTOGRAFIERE

EDITURA TEHNICĂ

În lucrare se prezintă aspectele pe care le ridică problema asigurării clarității imaginii la fotografiere și metodele de rezolvare a ei.

După ce se definește noțiunea de punere la punct și încadrarea ei în complexul de acțiuni care constituie fotografierea, se prezintă noțiunile de optică fotografică legate de particularitățile propagării luminii, modul de formare a imaginilor și deficiențele acestor imagini. Se examinează apoi elementele caracteristice ale obiectivelor fotografice, indicîndu-se principalele tipuri de obiective, de la cele mai simple pînă la cele mai moderne.

O deosebită dezvoltare se dă explicării profunzimii cîmpului redat cu claritate, cum și calculelor întinderii și limitelor profunzimii în diferite situații. Numeroase exemple însoțesc și explică textul, astfel că lucrarea prezintă un deosebit interes practic.

Urmează apoi descrierea tuturor mijloacelor folosite în prezent în tehnica fotografică pentru realizarea punerii la punct, insistîndu-se asupra înțelegerii juste a modului lor de funcționare și folosire. În încheiere se dau unele recomandări din practica punerii la punct și o serie de tabele de profunzime pentru distanțele focale curente.

Lucrarea se adresează atît fotografilor amatori cît și celor profesioniști, care doresc să cunoască bazele tehnice ale fotografierii.

PREFAȚĂ

În broșura „Timpul de expunere în fotografie" am arătat că justa punere la punct a imaginii la fotografiere este una dintre problemele importante cărora trebuie să li se acorde o deosebită atenție, dacă se urmărește ca fotografiile obținute să nu fie, de fapt, produsul unei „întîmplări".

Lucrarea de față — în completarea celei amintite mai sus — încearcă să înfățișeze, în mod cît mai simplu, aspectele multiple ale bogatului substrat de fenomene fizice legate de problema punerii la punct, căutînd să lămurească aceste fenomene și să indice elementele practice care derivă din ele și a căror aplicare să conducă la rezultatele cele mai bune. Ea urmărește să dea tuturor posibilitatea să acționeze cu inițiativă și în mod corespunzător, chiar în situațiile particulare care pot apărea, și să înțeleagă ușor cauzele eventualelor nereușite, fapt care le va permite să ia măsurile de remediere cele mai potrivite.

Așa cum am mai arătat, consider că „deprinderea meșteșugărească a unor practici, în fotografie ca și în alte domenii de activitate, trebuie să fie eliminată cu hotărîre și că la baza fiecărei acțiuni trebuie să stea cunoașterea temeinică a fenomenelor care o justifică". De aceea trebuie să se atragă atenția asupra faptului că „automatizările" care se aplică din ce în ce mai mult în construcția aparatelor fotografice și care nu reprezintă, din unele puncte de vedere, decît șablonarea prin compromisuri hotărîte de constructor a condițiilor de fotografiere în anumite situații, nu scutește, de fapt, pe bunul fotograf, de cunoașterea subtilităților procesului de fotografiere. *În orice caz, punerea la punct a imaginii se pretează cel mai puțin la automatizare; de fapt, automatizarea punerii la punct, nu reprezintă decît înlocuirea ei cu folosirea unei profunzimi exagerate, soluție care este oricînd la îndemîna fotografului și care nu este nici modernă și nici caracteristică celor mai perfecționate aparate, fiind folosită din epocile de început ale fotografiei și la aparatele de cea mai modestă construcție.*

Problemele expuse în lucrarea de față sînt multiple și destul de complexe, iar lămurirea completă a tuturor întrebărilor ce s-ar putea pune în legătură cu ele ar reclama un spațiu mult mai mare. Cu toate acestea, considerăm că ceea ce constituie esențialul a putut fi înfățișat în formă concentrată și cu toate explicațiile corespunzătoare. Desigur că se pot aduce încă îmbunătățiri materialului de față și, în acest scop, cititorul este solicitat să semnaleze completările pe care le consideră necesare și eventualele lipsuri constatate, astfel încît să poată fi luate în considerare la o reeditare a lucrării.

Prin această nouă publicație, Editura tehnică completează seria problemelor fotografice prezentate în colecția „Foto", urmărind mai departe programul ce și-a propus, de a pune la dispoziția fotografilor din R.P.R. literatura de specialitate care să-i ajute la desăvîrșirea măiestriei lor.

AUTORUL

INTRODUCERE

A. Realizarea unei fotografii comportă ducerea la bun sfîrșit a unui șir de acțiuni care se pot grupa în două etape. Prima etapă — *fotografierea* — este etapa în care, cu ajutorul obiectivului aparatului fotografic, se obține o imagine ce este „înscrisă" în emulsia sensibilă a materialului fotografic negativ. Cea de-a doua etapă, în care imaginea înscrisă este fixată și transpusă pe materialul pozitiv sub formă de fotografie (pentru vizionare directă) sau de diapozitiv (pentru vizionare prin proiecție pe ecran), constituie *prelucrarea imaginii*.

În timp ce prima etapă se desfășoară — am putea spune — „pe teren", în diferite locuri și situații specifice subiectului fotografiat, cea de-a doua are loc totdeauna în laborator.

Ambele etape cuprind rezolvarea atît a unor probleme tehnice, cît și — în mai mare sau în mai mică măsură, după natura subiectului și scopul fotografierii — a unor aspecte artistice.

B. În ce privește fotografierea — care ne interesează în această lucrare — problemele ei tehnice pot fi grupate în trei acțiuni:

— *alegerea mijloacelor* celor mai potrivite pentru realizarea fotografiei (aparate, obiective, filtre, accesorii, materiale negative etc.);

— *punerea la punct a imaginii*, adică realizarea, pe emulsia sensibilă, a unei imagini clare a subiectului ales;

— *expunerea*, prin care imaginea dată de sistemul optic al aparatului fotografic este înscrisă în mod corect în emulsia sensibilă (imaginea latentă), în funcție de cantitatea de lumină care pătrunde în aparatul fotografic și cade pe această emulsie.

C. Din punctul de vedere al aspectelor artistice, în fotografiere se întîlnesc de asemenea trei acțiuni principale:

— *alegerea subiectului*, astfel încît să corespundă intențiilor avute și scopului urmărit;

— *compunerea imaginii* sau, mai corect, a subiectului, care cuprinde întreaga regie a acestuia (aranjarea elementelor, dacă e cazul, iluminarea, fixarea punctului de stație și a unghiului de vedere etc.);

— *încadrarea subiectului*, adică delimitarea cîmpului din natură care trebuie să fie reprodus în fotografie.

D. *Prin punere la punct la fotografiere se înțelege aducerea imaginii optice a subiectului, dată de obiectivul aparatului fotografic, în planul emulsiei sensibile a materialului fotografic negativ și realizarea* — pe baza cunoașterii și folosirii legilor opticii geometrice — *a redării cu toată claritatea posibilă* (sau dorită) *a zonei absolute necesare* — și numai a acesteia — *pentru prezentarea în cele mai bune condiții a tuturor elementelor subiectului, astfel încît să înfățișeze privitorului nu numai aspectul material, dar și substratul ideologic și emoțional care a stat la baza mesajului pe care fotograful vrea să-l transmită prin intermediul fotografiei.*

Ea se realizează, în majoritatea cazurilor, prin deplasarea obiectivului în raport cu emulsia sensibilă, adică prin variația extensiunii aparatului.

Mijloacele moderne de punere la punct de care dispun aparatele fotografice sînt destul de perfecționate, iar manevrarea lor e destul de simplă. Aceasta nu rezolvă însă totul și punerea la punct cere fotografului cunoașterea fenomenelor și a posibilităților de a le folosi aproape instinctiv, căci de foarte multe ori situațiile cele mai favorabile pentru realizarea unei fotografii se schimbă foarte repede și un bun fotograf nu trebuie să le scape, fie prin incorecta punere la punct, fie prin folosirea unui timp prea lung de gîndire asupra modului cum trebuie să fie realizată această punere la punct.

Nu trebuie să se omită faptul că *a fotografia înseamnă realizarea rapidă și conștientă, de către autor, a unui compromis între toți factorii — cu multe tendințe antagoniste — care concură la realizarea unei bune fotografii, folosind în mod corespunzător particularitățile specifice subiectului și tuturor acestor factori* (lumină, calitățile mijloacelor folosite, legile fizice și chimice, posibilitățile de prelucrare a imaginii și încă multe altele).

E. Prin punere la punct trebuie să se dea privitorului fotografiei o imagine realistă a subiectului. Se știe că ochiul omenesc „se pune la punct" instinctiv asupra obiectului privit, prin fenomenul de acomodare, aducînd claritatea

maximă de vedere pe planul în care se găsește acest obiect. Ochiul omenesc nu poate vedea *în același timp, la fel de clar*, o persoană care stă aproape de noi pe ceardacul unei cabane din munți și peisajul montan care înconjură cabana și pe fondul căruia se proiectează această persoană. Maximul de claritate a vederii se obține fie pe persoană, fie pe peisajul care servește ca fond.

Dacă se privește însă fotografia care reprezintă imaginea persoanei proiectate pe fondul peisajului, aceste două elemente ale imaginii găsindu-se în același plan (al fotografiei), sînt văzute la fel de clar de către ochi. Se pune problema cum trebuie făcută punerea la punct a acestui subiect pentru a avea o imagine corectă. La prima vedere s-ar putea afirma că în fotografie trebuie să se obțină la fel de clare, atît persoana cît și peisajul. Două considerente se pot opune acestei soluții. În primul rînd, considerentele artistice — compoziția — deoarece o claritate uniformă nu este totdeauna recomandabilă, întrucît nu se accentuează esențialul subiectului. În adevăr, în exemplul dat, adoptînd această soluție, dominant devine peisajul, iar persoana pierde din importanță și devine numai scară de comparație sau prim-plan care marchează adîncimea subiectului. Dacă se urmărește ca fotografia să prezinte persoana, accentul clarității trebuie pus asupra acesteia, iar peisajul să rămînă ușor estompat, pentru ca totul să ne apară așa cum ochiul ar vedea o persoană în cadrul unui peisaj. Se poate merge chiar pînă la neclaritatea totală a fondului, dacă este în ton uniform, el rămînînd doar un fundal pe care să se detașeze subiectul principal — persoana.

În al doilea rînd s-ar putea ca rezolvarea să nu fie posibilă în cazul în care condițiile tehnice ale fotografierii nu permit obținerea unei clarități uniforme, atît pentru persoana din primul plan, cît și pentru peisaj. Dacă, totuși, trebuie să se prezinte peisajul, se va renunța la primul plan și se va fotografia peisajul ca atare. În această situație nu se poate adopta o rezolvare ca aceea prin care s-a accentuat scoaterea în evidență a persoanei, procedînd însă invers, adică lăsînd primul plan neclar și punînd accentul pe peisaj. Această soluție este inadmisibilă, deoarece un prim-plan neclar nu este natural. Ochiul omenesc vede mai bine ceea ce este mai aproape decît ce e mai departe, iar o fotografie cu fondul clar și cu prim-plan neclar ar răsturna logica vederii. Din această cauză, neclarităţile în prim-plan (cu

excepţia unor rare compoziţii de o deosebită măiestrie şi tehnică de exprimare) reprezintă greşeli tehnice care anulează orice valoare a fotografiilor. În concluzie, dacă vrem să prezentăm peisajul, îl redăm clar ca atare, fără prim-plan, iar dacă are prim-plan, acesta trebuie să fie redat clar şi nu ca o aglomerare de suprafeţe de diferite tonuri cu contururi difuze.

Cele de mai sus exemplifică aspectele care intervin în stabilirea modului de punere la punct a unei imagini şi care ne-au îndreptăţit să afirmăm că această operaţie constituie *o problemă* pe care fotograful este chemat s-o rezolve pentru toate felurile de subiecte şi în toate împrejurările în care doreşte să le fotografieze.

I. LUMINA ŞI PROPRIETĂŢILE EI

PROPAGAREA LUMINII

1. **Lumina şi modul de propagare a ei.** Fenomenul natural esenţial în realizarea fotografiilor este lumina, adică radiaţia electromagnetică care produce, prin intermediul ochiului, senzaţii vizuale.

Lumina se propagă de la *izvoarele de lumină* primare (cînd emit lumină proprie) sau secundare (cînd retransmit lumina pe care au primit-o de la alte izvoare), străbătînd diferite *medii* (vid, aer, apă etc.). Răspîndirea energiei luminoase în medii omogene se face în linie dreaptă şi această linie, care reprezintă direcţia de propagare a luminii, este numită convenţional *rază de lumină*. Raza de lumină nu are o existenţă fizică, ca atare, ea fiind o imagine ipotetică, dar foarte reprezentativă, a luminii, şi cu ajutorul căreia se poate explica simplu drumul străbătut de lumină în diferite medii, prin legile opticii geometrice. În optică, lumina este considerată ca *un fascicul de raze* de lumină, fascicul care poate fi paralel, convergent sau divergent, după cum razele de lumină sînt paralele, tind să se întîlnească într-un punct, sau pleacă radial dintr-un punct, răspîndindu-se în mediul înconjurător.

2. **Viteza de propagare a luminii.** În vid, viteza de propagare a radiaţiilor luminoase este de aproximativ 300 000 km/s, ceea ce echivalează cu înconjurul de $7\frac{1}{2}$ ori al ecuatorului pămînesc într-o secundă. În medii diferite, viteza luminii este diferită, în funcţie de densitatea mediului, în vid viteza luminii fiind cea mai mare. Raportul dintre viteza luminii în vid (c) şi cea dintr-un mediu oare-

care (c_i) are deci totdeauna o valoarea supraunitară şi constituie indicele de refracţie (n) al mediului considerat:

$$n = \frac{c}{c_i}.$$

Indicele de refracţie al aerului diferă foarte puţin de unitate ($n_{aer} = 1{,}00028$), deoarece viteza luminii în aer este practic egală cu cea din vid.

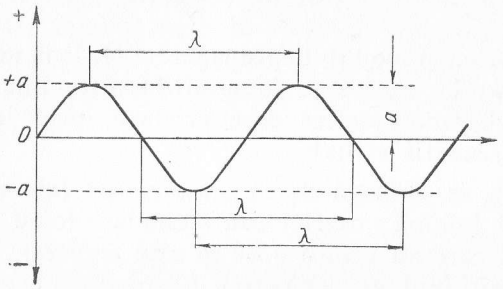


Fig. 1. Reprezentare schematică a unei mişcări ondulatorii:
λ — lungimea de undă; a — amplitudinea.

3. **Lungimea de undă.** Ca orice fenomen vibratoriu, lumina este caracterizată prin mărimea undelor care se produc perpendicular pe direcţia de propagare (fig. 1). Elementele caracteristice ale mişcării ondulatorii sînt: *lungimea de undă*, notată cu litera grecească λ (lambda), care reprezintă distanţa dintre două puncte succesive, în care mişcarea ondulatorie are aceeaşi situaţie (două creste, două văi sau două puncte de oscilaţie nulă, cu trecerea mişcării în acelaşi sens), *frecvenţa*, notată cu litera grecească ν (niu), care reprezintă numărul de unde care au loc pe secundă în acelaşi punct al direcţiei de propagare, şi *amplitudinea*, notată cu a, care reprezintă mărimea abaterii maxime a unei unde de la poziţia mediană.

Între elementele caracteristice ale unei mişcări vibratorii există relaţia:

$$\text{lungimea de undă} = \frac{\text{viteza de propagare}}{\text{frecvenţă}} \quad \text{sau} \quad \lambda = \frac{c}{\nu}.$$

Lungimile de undă ale radiaţiei luminoase sînt foarte mici; mărimea lor se exprimă în unităţi de măsură corespunzătoare, adică în una dintre următoarele unităţi:
micron (μ)[1] = a milioana parte dintr-un metru $1\ \mu = 10^{-6}$ m;
milimicron (mμ) = nanometru (nm) =
= a miliarda parte dintr-un metru
$1\ \text{nm} = 10^{-9}$ m.

Radiaţiile luminoase au lungimi de undă cuprinse, aproximativ, între 0,4 şi 0,76 μ sau, în valori aproximative, 400—800 mμ.

ASPECTE PARTICULARE ALE PROPAGĂRII LUMINII

4. **Reflexia.** Cînd o rază de lumină întîlneşte suprafaţa unui corp opac, ea îşi schimbă direcţia, răsfrîngîndu-se. Raza de lumină este reflectată, iar fenomenul se numeşte *reflexia luminii* (fig. 2).

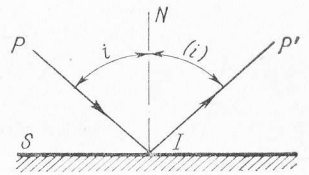


Fig. 2. Reflexia unei raze de lumină:
S — suprafaţa reflectantă; PI — raza incidentă; IP' — raza reflectată; I — punctul de incidenţă; IN — normala în punctul de incidenţă; i — unghiul de incidenţă; (i) — unghiul de reflexie.

Reflexia luminii este diferită, după felul suprafeţelor pe care ea se produce. Dacă suprafaţa este perfect lucie — în care caz se numeşte *oglindă* — fasciculul de raze în totalitatea lui îşi schimbă direcţia în acelaşi sens şi se produce o *reflexie normală* (fig. 3).

Dacă suprafaţa corpului este însă rugoasă, ea prezintă, de fapt, multiple faţete constituite din suprafeţe plane extrem de mici, aşezate neregulat, iar reflexia luminii, deşi pe fiecare faţetă se face după legile obişnuite, fasciculul în totalitate suferă o *reflexie difuză*, razele reflectate căpătînd direcţii foarte diferite.

Pentru o înţelegere uşoară, reflexia luminii a fost prezentată mai sus ca avînd loc la întîlnirea unei raze de lumină cu suprafaţa unui corp opac. Ea apare, de fapt, în toate cazurile în care o astfel de rază întîlneşte în drumul ei suprafaţa de separaţie dintre două medii diferite (de exemplu:

[1]) Litera grecească μ (miu).

sticlă-aer; aer-apă), întîlnire la care se produce, de fapt, un complex de fenomene (v. pct. 10).

Reflexia luminii, ca principiu constructiv, este folosită numai în mică măsură în optica fotografică (aparate reflex,

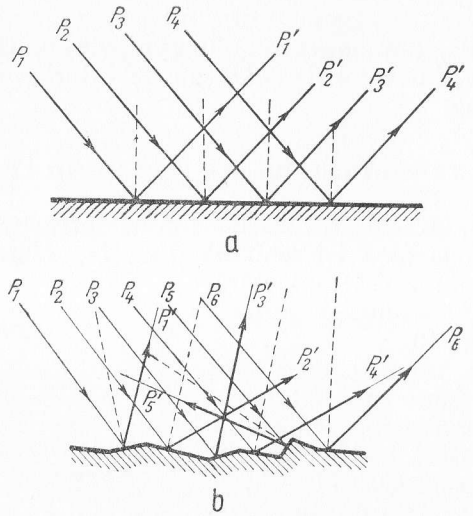


Fig. 3. Reflexia unui fascicul luminos:
a — reflexie normală pe suprafețe lucii; *b* — reflexie difuză pe suprafețe rugoase.

obiective cu reflexie). Dimpotrivă, reflexiile de lumină, în anumite cazuri, sînt dăunătoare fotografiilor (reflexii în obiectiv etc.).

5. **Refracția.** Dacă o rază de lumină cade oblic pe suprafața unui corp transparent sau translucid, ea pătrunde în acel corp schimbîndu-și, însă, direcția de propagare. Raza de lumină a fost refractată, iar fenomenul se numește *refracția luminii* (fig. 4). Refracția luminii are loc, de fapt, ori de cîte ori o rază de lumină trece dintr-un mediu în alt mediu.

Cauza refracției este viteza diferită de propagare a luminii în cele două medii (pct. 2). Dacă lumina trece dintr-un mediu mai puțin dens într-unul mai dens (de exemplu din aer în apă), raza de lumină deviază, apropiindu-se de normală ($i' < i$) și, invers, la trecerea dintr-un

mediu mai dens într-altul mai puțin dens (din sticlă în aer), raza refractată se depărtează de normală ($i' > i$). Devierile sînt cu atît mai mari cu cît diferența de densitate dintre cele două medii este mai mare.

Refracția luminii, ca principiu constructiv, este foarte mult utilizată în optica fotografică, realizarea obiectivelor fotografice bazîndu-se exclusiv pe ea.

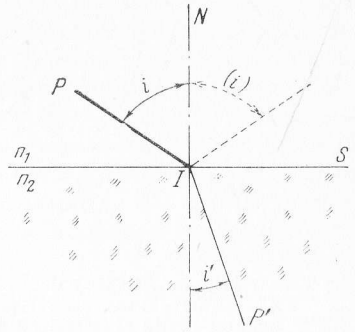


Fig. 4. Refracția luminii:
S — suprafața de separație a două medii transparente; *PI* — raza incidentă; *IP'* — raza refractată; *I* — punct de incidență; *IN* — normala în punctul de incidență; *i* — unghi de incidență; *i'* — unghi de refracție.

6. **Refracția în sticle optice.** În optică se folosesc două categorii de sticle speciale — sticle optice — cu calități deosebite de transparență, de lipsă de colorație și de putere de refracție, pe care sticla obișnuită nu le posedă. Astăzi se fabrică circa 200 de calități de sticle optice, cu proprietăți și caracteristici distincte. Aceste sorturi se pot grupa în două categorii:

— cele cu greutate specifică mică (2,29—4,2 g/cm³) și deci cu o putere de refracție mică, numite „cron", avînd indicii de refracție $n = 1{,}46...1{,}66$ în medie $n = 1{,}5$;

— cele cu greutate specifică mare (3,6—6,0 g/cm³) și deci cu o putere de refracție mare, numite „flint", avînd indicii de refracție $n = 1{,}55...1{,}90$ în medie $n = 1{,}7$.

7. **Reflexia totală.** Prin refracție, la trecerea dintr-un mediu dens în unul mai puțin dens, raza de lumină se depărtează de normală făcînd cu aceasta un unghi oarecare (fig. 5, *a*). La un anumit unghi de incidență, unghiul de refracție devine de 90° (fig. 5, *b*). Pentru aer, acest unghi de incidență este de aproximativ 41,8°. Dacă unghiul de incidență este mai mare, raza de lumină nu mai părăsește sticla și, în loc de o refracție, se produce o reflexie — *reflexia totală* — raza răsfrîngîndu-se în totalitatea ei ca pe o oglindă (fig. 5, *c*). Unghiul de incidență dincolo de valoarea căruia are loc reflexia totală este *unghiul limită al reflexiei totale*.

Fenomenul reflexiei totale este folosit la aparatele reflex moderne, prevăzute cu pentaprismă, în al căror vizor se văd geamul mat şi imaginea dreaptă şi neinversată a subiectului.

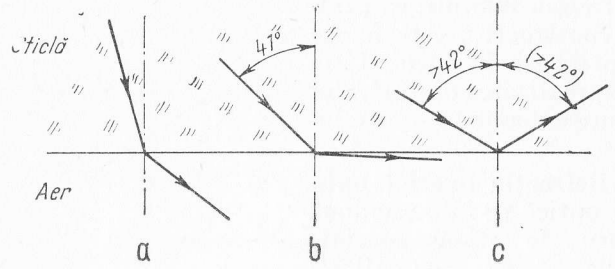


Fig. 5. Trecerea de la refracţie la reflexie totală:
a — refracţia la trecerea luminii din sticlă în aer; *b* — refracţia la unghiul limită al reflexiei totale; raza de lumină este refractată de-a lungul suprafeţei de separaţie a mediilor; *c* — reflexia totală pentru unghiuri de incidenţă mai mari decît unghiul limită al reflexiei totale.

8. **Devierea în plăcile plan-paralele.** La trecerea prin plăci de sticlă optică cu ambele feţe perfect plane şi paralele, lumina este deviată prin dubla refracţie care are loc la intrarea şi la ieşirea razelor de lumină din placă (fig. 6). Se

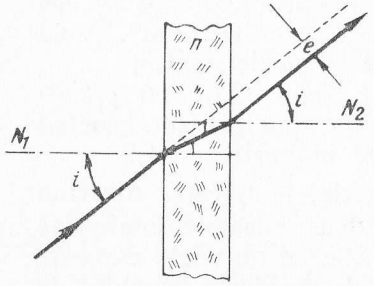


Fig. 6. Devierea razei de lumină la trecerea printr-o placă de sticlă plan-paralelă:
e — deplasarea laterală a razei de lumină.

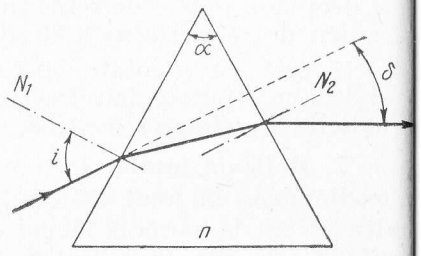


Fig. 7. Devierea razei de lumină la trecerea printr-o prismă de sticlă:
i — unghiul de incidenţă; α — unghiul prismei; δ — unghiul de deviere al razei de lumină.

produce, astfel, o deplasare laterală, paralelă cu direcţia de propagare iniţială.

Problema devierii în plăcile plan-paralele se pune la folosirea de filtre şi de ecrane pe traseul razelor cu care

se construieşte imaginea fotografică, poziţia acestora trebuind să fie perpendiculară pe axa optică a obiectivului, pentru a nu deforma imaginea.

9. **Devierea la trecerea printr-o prismă.** Raza de lumină care trece printr-o prismă de sticlă optică suferă o deviere (fig. 7), ca o consecinţă a celor două refracţii care au loc la intrarea şi la ieşirea ei din prismă. Întrucît cele două feţe de separaţie dintre cele două medii nu mai sînt paralele, ci formează între ele unghiul α (alfa) — *unghiul prismei* —, raza de lumină nu mai suferă doar o deplasare laterală, ca la plăcile plan-paralele, ci suferă şi o deviere cu unghiul δ (delta), care este cu atît mai mare cu cît unghiul prismei şi indicele de refracţie *n* al sticlei din care aceasta este construită sînt mai mari.

10. **Trecerea luminii dintr-un mediu într-altul.** La trecerea luminii dintr-un mediu într-altul se produc mai multe fenomene dintre care, lăsînd de o parte pe unele (absorbţia, transformarea în căldură), trebuie menţionate cele importante, care se produc întotdeauna, şi anume reflexia şi refracţia, energia radiantă a razei incidente împărţindu-se, în acest caz, în două părţi: energia razei reflectate şi energia celei refractate. În fig. 8 se arată variaţia repartiţiei, în procente, a energiei totale în funcţie de unghiul de incidenţă şi după cum trecerea se face din aer în sticlă, sau

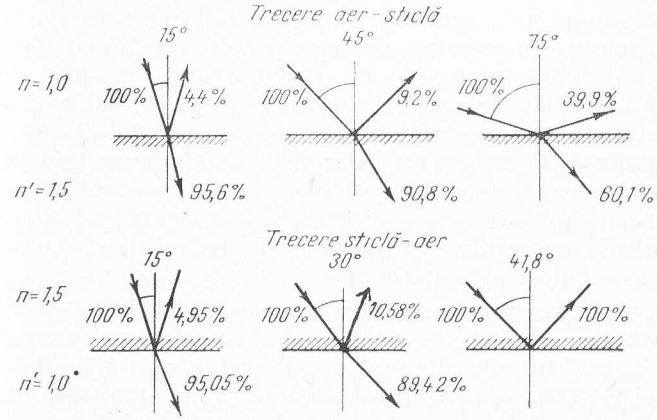


Fig. 8. Repartizarea energiei luminoase între raza refractată şi raza reflectată, la trecerea luminii dintr-un mediu într-altul, sub diferite unghiuri de incidenţă.

invers. Din figură rezultă pierderile importante de energie prin reflexie, în cazul razelor care cad foarte oblic pe suprafaţa de separaţie a celor două medii, fapt care are o deosebită importanţă la construcţia obiectivelor.

11. **Dispersia luminii.** Dacă un fascicul de lumină albă a soarelui este lăsat să treacă printr-o prismă — preferabil cu unghi mare şi confecţionată dintr-o sticlă cu indice de refracţie mare — se poate observa, proiectînd raza emergentă pe un ecran alb, că la ieşirea din prismă

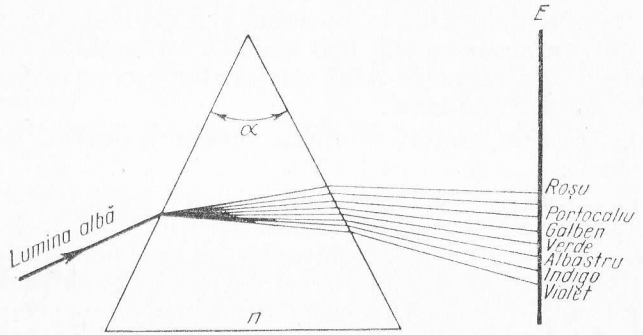


Fig. 9. Descompunerea luminii albe (dispersia luminii) la trecerea printr-o prismă de sticlă şi ordinea în care sînt refractate radiaţiile monocromatice componente.

nu mai apare un fascicul de lumină albă, ci o serie de fascicule, dispuse în evantai, de lumini colorate diferit (fig. 9). Cea mai mică deviere o au razele roşii, urmează razele portocalii, galbene, verzi, albastre, indigo şi, cel mai mult deviate sînt razele violete. Raza luminoasă albă a fost descompusă, la trecerea prin prismă, în componentele monocromatice care constituie *spectrul solar*. Această descompunere a luminii albe constituie fenomenul de *dispersie* a luminii, care arată că lumina albă a soarelui este compusă din şapte culori principale.

Ceea ce caracterizează energia radiantă a luminii monocromatice este lungimea de undă. Lumina roşie are cea mai mare lungime de undă, este cel mai puţin deviată şi deci pentru ea, materialul prismei are cel mai mic indice de refracţie. Celelalte culori spectrale au lungimi de undă din ce în ce mai mici, cu cît se apropie de violet, extrema cealaltă a spectrului, şi sînt din ce în ce mai mult deviate,

prisma avînd, deci, pentru ele, indici de refracţie din ce în ce mai mari.

Lungimile de undă ale radiaţiilor monocromatice sînt următoarele:

violet	0,40—0,43 μ	galben	0,54—0,59 μ
albastru	0,43—0,49 μ	portocaliu	0,59—0,65 μ
verde	0,49—0,54 μ	roşu	0,65—0,80 μ

12. **Culorile şi vizibilitatea lor.** Radiaţiile cu lungimile de undă indicate la pct. 11 influenţînd retina ochiului, provoacă senzaţiile de culoare corespunzătoare. Ochiul poate percepe *culori spectrale*, adică razele de lumină colorate provenite de la un izvor de lumină, direct sau prin separare optică în radiaţii monocromatice, şi *culori pigmentare* — culorile corpurilor —, adică raze de lumină colorată provenite de la un izvor secundar de lumină; acest izvor — un corp oarecare — reflectă către ochiul nostru numai anumite lungimi de undă din radiaţiile luminoase pe care le primeşte, cînd este iluminat, iar restul radiaţiilor le absoarbe.

Lumea care ne înconjură ni se prezintă în diferite culori nu pentru că corpurile au o culoare în sine, ci pentru că soarele şi celelalte izvoare de lumină emit, în acelaşi timp, energii luminoase cu diferite lungimi de undă, pe care corpurile le reflectă în totalitate sau în parte către ochiul nostru. În acest fel se creează senzaţia de culoare a corpului respectiv, care este determinată de lungimea de undă a radiaţiei pe care aceasta o reflectă către ochi. În întuneric, o hîrtie albă ne apare roşie, dacă este luminată cu o lumină roşie, şi apare verde, dacă izvorul de lumină emite lumină verde, fiindcă hîrtia nu poate reflecta către ochiul nostru decît o radiaţie cu lungimea de undă cu care este luminată. Din aceeaşi cauză, scrisul roşu pe o hîrtie albă, luminată cu lumină roşie, nu este vizibil, deoarece şi hîrtia şi scrisul roşu trimit către ochiul nostru, în mod nediferenţiat, aceleaşi radiaţii monocromatice. Dacă scrisul ar fi verde, el ar apărea negru pe hîrtia roşie, deoarece hîrtia albă reflectă radiaţia roşie, iar scrisul verde o absoarbe şi nu trimite nici o radiaţie către ochi.

Ochiul omenesc nu percepe cu aceeaşi luminozitate intensităţile egale ale radiaţiilor luminoase colorate, ci, aşa cum rezultă din curbele sensibilităţii la culori a ochiului omenesc (fig. 10), cea mai mare sensibilitate la

lumina de zi o are pentru radiația cu lungimea de undă de 0,55 μ, iar culoarea corespunzătoare — galbenul — apare cea mai luminoasă în raport cu celelalte culori. Către amurg, sensibilitatea ochiului se modifică (v. figura), maximul de sensibilitate trecînd către lungimea de undă de 0,51 μ.

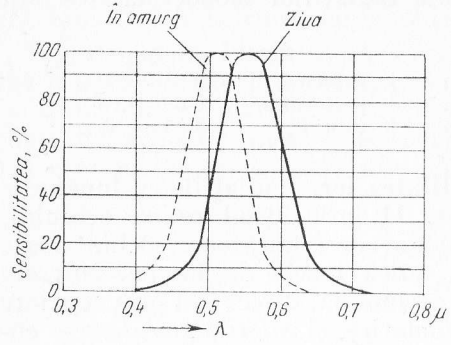


Fig. 10. Curba sensibilității la radiații monocromatice a ochiului omenesc în plină lumină de zi și în lumină de amurg. Procentele sînt date în funcție de lungimile de undă exprimate în microni.

13. **Difracția.** Propagarea luminii în linie dreaptă suferă o excepție ori de cîte ori aceasta trece printr-o deschidere (fantă sau orificiu) foarte mică. Fasciculul de raze de lumină care trece printr-o astfel de deschidere (fig. 11) se împrăștie, razele deviind lateral, iar pe un ecran așezat în fața deschiderii, în loc de o pată de lumină corespunzătoare orificiului (sau fantei) prin care trece lumina, se poate observa o

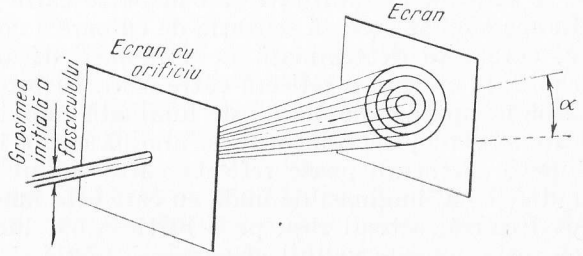


Fig. 11. Difracția luminii la trecerea printr-un orificiu foarte mic. Pe ecran se observă inele concentrice de zone luminate și întunecate:
α — unghiul de difracție.

suprafață circulară (sau dreptunghiulară) de dimensiuni mult mai mari, constituită din alternanțe inelare (sau dungate) de lumini și întuneric. Lumina, în condițiile arătate, se abate de la drumul drept, modificîndu-și traiectoria la trecerea prin deschideri înguste; acest fenomen se numește *difracție*.

Fenomenul difracției are deosebită importanță pentru calitatea imaginilor fotografice, el influențînd claritatea, contrastul și finețea desenului acestora.

14. **Polarizarea.** Ca orice vibrație electromagnetică, lumina se propagă de obicei dezvoltîndu-și oscilațiile perpendicular pe direcția de propagare, în toate planele care cuprind această direcție și ocupă oricare dintre pozițiile de rotație în jurul ei. Privind în lungul unei raze de lumină (fig. 12, *a*), vibrațiile au loc în toate direcțiile din jurul punctului care reprezintă proiecția acestei raze. Cînd, dintr-o cauză oarecare, vibrația în toate direcțiile este împiedicată, ea nemaiputînd să se desfășoare decît într-un singur plan (fig. 12, *b*), lumina este *polarizată*, iar planul în care se produc vibrațiile se numește *plan de polarizare*.

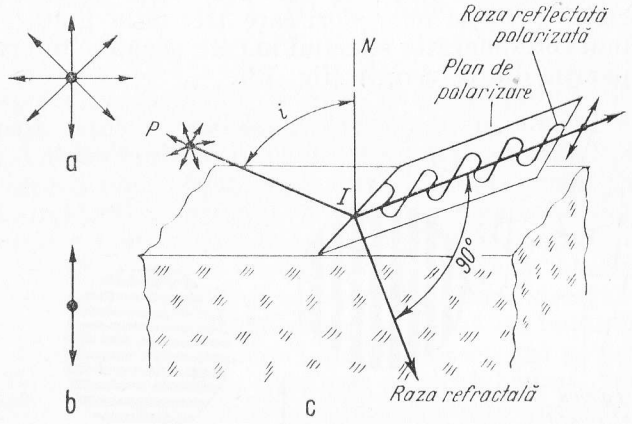


Fig. 12. Polarizarea luminii:
a — unele dintre planele de vibrație văzute în lungul direcției de propagare a razei luminoase; *b* — planele de vibrație în cazul luminii polarizate văzute în aceleași condiții ca în *a*; *c* — cazul polarizării totale prin reflexie a luminii. Unghiul dintre raza refractată și cea reflectată este de 90°, iar planul de polarizare este perpendicular pe planul de reflexie (*PIN*).

Polarizarea luminii se poate obține pe mai multe căi, dintre care vor fi amintite doar cele care interesează în fotografie: *polarizare prin reflexie* și *polarizare prin filtre de polarizare*.

Polarizarea prin reflexie se obține cînd o rază de lumină se reflectă pe o suprafață de sticlă, astfel încît unghiul dintre raza reflectată și cea refractată (pct. 10) este de 90° (ceea ce, pentru o sticlă optică cu indicele cu refracție $n = 1,5$,

corespunde aproximativ la un unghi de incidenţă $i = 56°$); în acest caz raza reflectată este complet polarizată, şi anume într-un plan perpendicular pe planul de reflexie (fig. 12, *c*). La un alt unghi de incidenţă, polarizarea este numai parţială.

O altă posibilitate de polarizare este de a trece lumina printr-un *filtru de polarizare*; acesta poate fi constituit din două plăci de sticlă optică plan-paralele, conţinînd între ele o folie de material similar gelatinei, în care se găsesc înglobate, paralel, o infinitate de cristale dintr-o substanţă birefringentă naturală (spat, turmalină) sau artificială (herapatit). După trecerea printr-un astfel de filtru, lumina este polarizată în planul de polarizare al filtrului, care depinde de direcţia de aşezare a cristalelor şi de poziţia în care este aşezat filtrul. Acest filtru ar putea fi comparat cu un grătar de vergele de oţel aşezate foarte apropiat, care nu ar permite vibraţia unor sfori care trec prin grătar, decît în planul corespunzător sensului în care se găsesc intervalele de separaţie dintre vergele (fig. 13).

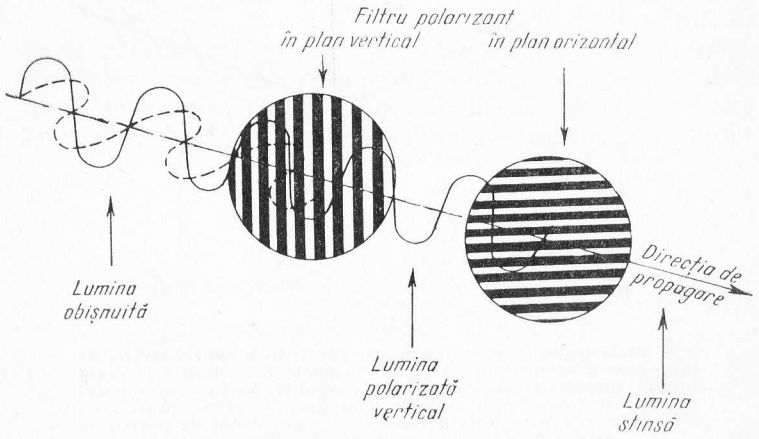


Fig. 13. Polarizarea prin filtre de polarizare.

Dacă în drumul unei raze polarizate se aşază un filtru de polarizare astfel, încît planul de polarizare al luminii şi al filtrului să coincidă ca direcţie, atunci raza de lumină va trece mai departe. Dacă, însă, planul de polarizare al filtrului va fi rotit cu 90° faţă de planul de polarizare al luminii, filtrul va opri (stinge) raza de lumină, deoarece vibraţia în sens perpendicular va fi oprită să se propage (fig. 13).

II. ELEMENTE DE OPTICĂ FOTOGRAFICĂ

MIJLOACE DE OBŢINERE A IMAGINII

15. **Camera obscură.** Imaginile lumii înconjurătoare au putut fi obţinute mult înainte de inventarea fotografiei, cu ajutorul camerei obscure, descrisă prima dată de Leonardo da Vinci (1452—1519), care pe la anul 1500 o folosea ca mijloc de verificare a desenului la picturile sale.

Camera obscură este o cutie paralelipipedică, închisă pe toate feţele, vopsită la interior cu o culoare neagră mată şi avînd la mijlocul uneia dintre feţe un orificiu foarte mic, iar la partea opusă, un geam mat. Cînd camera obscură este îndreptată cu orificiul spre un obiect puternic luminat, pe peretele opus apare imaginea acelui obiect. Formarea acestei imagini are o explicaţie simplă şi se bazează pe proprietatea luminii de a se propaga în linie dreaptă. Din fiecare punct al obiectului porneşte o rază de lumină care, trecînd prin orificiul camerei obscure, desenează pe peretele opus un punct luminos, imaginea punctului vizat. Intensitatea luminozităţii punctului-imagine este proporţională cu strălucirea (luminanţa) punctului-obiect. În acest fel, pe geamul mat se obţine imaginea întregului obiect, constituită din infinitatea de puncte-imagine date de totalitatea razelor luminoase care pătrund în camera obscură, încrucişîndu-se în orificiul acesteia.

Imaginea obţinută cu camera obscură este răsturnată, inversată lateral, neclară — cu atît mai mult cu cît orificiul este mai mare — şi foarte puţin luminoasă.

16. **Lentilele şi formele lor.** Folosirea lentilelor pentru obţinerea unor imagini a fost iniţiată de matematicianul italian Cardan (1501—1576) care, pe la 1550, a adaptat la o cameră obscură o lentilă convergentă, îmbunătăţind astfel imaginea obţinută. Acesta este începutul drumului

care duce către obiectivul fotografic de astăzi, camera obscură devenind camera neagră a aparatului fotografic de astăzi.

Se numesc *lentile* corpurile de sticlă optică limitate de două suprafeţe sferice. Una dintre suprafeţe poate fi plană, adică o suprafaţă sferică de rază infinită. Suprafeţele pot avea curburi spre exteriorul lentilei — *suprafaţă convexă* — sau spre interiorul lentilei — *suprafaţă concavă*. Există două categorii de lentile: *lentile convergente* — numite şi lentile pozitive — care au la mijloc grosimi mai mari decît la margini, şi *lentile divergente* — numite şi lentile negative —, care sînt mai subţiri la mijloc decît la margine (fig. 14). Simbolic, cele două categorii de lentile se reprezintă adeseori în desene prin semnele indicate în fig. 15.

Aceste denumiri se datoresc faptului că un fascicul de raze de lumină paralele, trecînd prin lentilele convergente, este concentrat devenind convergent, în timp ce la trecerea

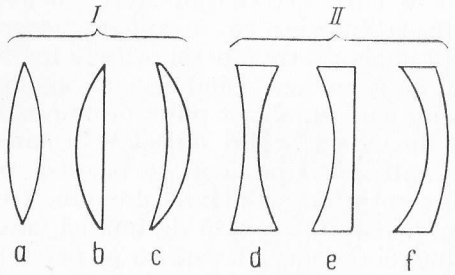


Fig. 14. Forme de lentile:
I — lentile convergente; *a* — biconvexă, *b* — plan-convexă; *c* — convex-concavă (menisc pozitiv); *II* — lentile divergente; *d* — biconcavă; *e* — plan-concavă; *f* — concav-convexă (menisc negativ).

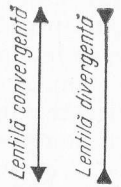


Fig. 15. Reprezentare schematică a lentilelor convergente şi divergente

printr-o lentilă divergentă este împrăştiat, devenind divergent. Este de observat că acţiunea de convergenţă sau de divergenţă corespunde cazului în care indicele de refracţie al materialului lentilei este mai mare decît al celor două medii vecine (lentilă de sticlă în aer), caz care se va folosi mereu în cele ce urmează. În cazul în care raportul dintre cele două medii este invers (cazul unei lentile de aer între două medii de sticlă), acţiunea asupra fasciculului de raze este, de asemenea, invers, adică lentilele pozitive au o acţiune divergentă asupra fasciculului de raze.

În fiecare dintre categoriile de lentile descrise există trei forme de lentile. Lentilele convergente pot fi: *biconvexe*, *plan-convexe* şi *convex-concave* (menisc pozitiv), iar cele divergente pot fi: *biconcave*, *plan-concave* şi *concav-convexe* (menisc negativ (fig. 14). Din aceste două categorii de lentile, numai cele convergente pot să formeze o imagine reală a subiectului, care să fie prinsă pe un ecran. De aceea, obiectivul fotografic este totdeauna un sistem optic echivalent cu o lentilă convergentă şi, în desenele simplificate, un obiectiv fotografic este reprezentat totdeauna printr-o astfel de lentilă. În optica fotografică, lentilele negative servesc ca elemente de corecţie a sistemelor optice.

17. **Elemente caracteristice ale lentilelor.** Linia care uneşte cele două centre ale suprafeţelor sferice mărginind o lentilă constituie *axa optică* a lentilei, iar punctele (*S* şi *S'*), unde axa intersectează aceste două suprafeţe, constituie *vîrfurile* lentilei (fig. 16).

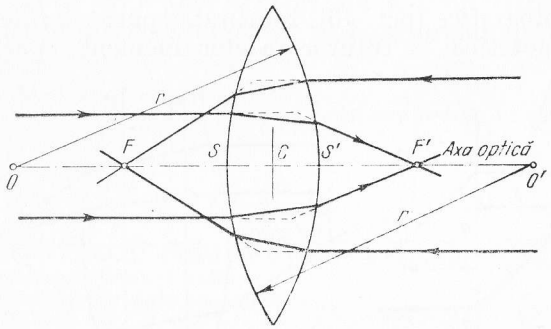


Fig. 16. Lentilă convergentă:
F şi *F'* — focare; *S* şi *S'* — vîrfurile lentilei; *O* şi *O'* — centrele de curbură.

Razele de lumină care cad pe o lentilă convergentă paralel cu axa ei sînt deviate convergent şi concentrate într-un punct numit *focar*, situat de partea cealaltă a lentilei, pe axa ei optică. De fiecare parte a lentilei există cîte un focar (*F* şi *F'*) pentru razele care vin din partea opusă a lentilei. Dacă lentila este divergentă, razele de lumină sînt deviate divergent, astfel încît numai prelungirile traseelor lor se întîlnesc într-un focar, situat însă de aceeaşi parte a lentilei, focar care este, după cum se vede, imaginar (fig. 17).

Devierea razelor de lumină de către lentilă se datorește celor două refracții care se produc la cele două fețe ale ei. În locul acestor două frîngeri (fig. 18) se poate considera ipotetic că se produce o singură frîngere la intersecția prelungirii razelor incidente și a celor *emergente* (care ies din lentilă).

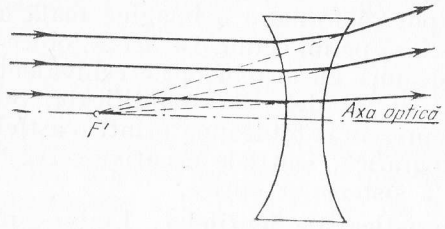


Fig. 17. Lentilă divergentă:
F' — focar imaginar.

Cînd lentila este foarte subțire (fig. 18, *a*) se poate considera că această frîngere are loc în planul median al lentilei, plan care este străpuns de axa optică în *centrul optic* al lentilei. Cînd lentilele sînt groase, cum sînt cele folosite în practică și cum, de fapt, sînt obiectivele fotografice (pct. 16), totalitatea punctelor de frîngere unică, ipotetică, a tuturor razelor incidente paralele cu

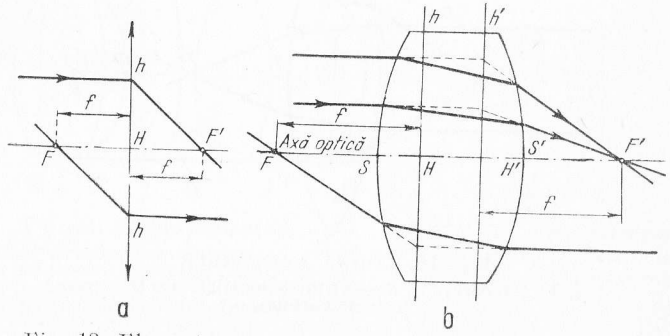


Fig. 18. Elemente caracteristice la lentilele convergente:
a — cazul lentilelor subțiri; F și F' — focare; *hh* — plan principal; *f* — distanța focală; *b* — cazul lentilelor groase; S și S' — vîrfurile lentilei; F și F' — focare; *f* — distanță focală; h și h' — planele principale; H și H' — punctele principale.

axa optică, se găsește într-un plan perpendicular pe axa optică a lentilei, numit *plan principal* (fig. 18, *b*). Planul principal nu mai coincide cu planul median, ci este sensibil depărtat de acesta, de o parte sau de alta a acestuia, poziția lui fiind dependentă de alcătuirea sistemului optic respectiv, de forma lentilelor și de indicele de refracție al

sticlei din care sînt realizate lentilele. Intersecția planului principal cu axa optică constituie *punctul principal*. Un sistem optic, cum sînt obiectivele fotografice, are două plane principale (h și h'), corespunzătoare celor două direcții din care razele de lumină pot pătrunde în sistem.

Distanța de la focarele unei lentile la punctul principal respectiv se numește *distanță focală* (*f*). Distanțele focale corespunzătoare celor două focare ale unei lentile sînt identice. Focarele și punctele, respectiv planele principale, sînt elementele cardinale ale sistemelor optice, ele determinînd poziția și mărimea imaginilor.

18. **Puterea de refracție a lentilelor.** O lentilă poate devia razele de lumină mai mult sau mai puțin, distanța focală fiind mai mică sau mai mare. Această deviere caracterizează *puterea de refracție* a lentilei și este dependentă de curbura suprafețelor ei, de grosimea lentilei și de indicele de refracție al sticlei din care este construită. Puterea de refracție φ (fi) a unei lentile sau a unui sistem optic poate fi măsurată și în *dioptrii*, pe baza următoarei relații:

$$\text{puterea de refracție în dioptrii} = \frac{100}{\text{distanța focală, în centimetri}}$$

adică

$$\varphi = \frac{100}{f} \text{ sau } f = \frac{100}{\varphi} \text{ (în centimetri)}$$

Exemplul 1. O lentilă are o putere de refracție de $2^1/_2$ dioptrii. Să se calculeze distanța focală.

Aplicînd formula dată, se obține:

$$f = \frac{100}{\varphi} = \frac{100}{2{,}5} = 40 \text{ cm.}$$

Exemplul 2. Un obiectiv are distanța focală de 5 cm. Să se calculeze puterea lui de refracție, în dioptrii

$$\varphi = \frac{100}{f} = \frac{100}{5} = 20 \text{ dioptrii.}$$

IMAGINEA ȘI ELEMENTELE EI GEOMETRICE

19. **Formarea imaginii.** La obiectivul fotografic, diametrul deschiderii prin care trec razele luminoase în camera neagră a aparatului fotografic este mai mare decît cel al orificiului unei camere obscure și imaginea punctelor este alcătuită din concentrarea tuturor razelor de lumină care

pleacă de la punctul subiect și pot trece prin pupila obiectivului. Modul de formare a imaginii, în acest caz, este mai complicat.

În cele ce urmează se va studia formarea imaginii de către o lentilă convergentă groasă așa cum, de fapt, poate fi considerat obiectivul fotografic, lentilă care a fost reprezentată (fig. 19) prin cele două plane principale și prin focarele sale; se consideră că spațiul din stînga lentilei

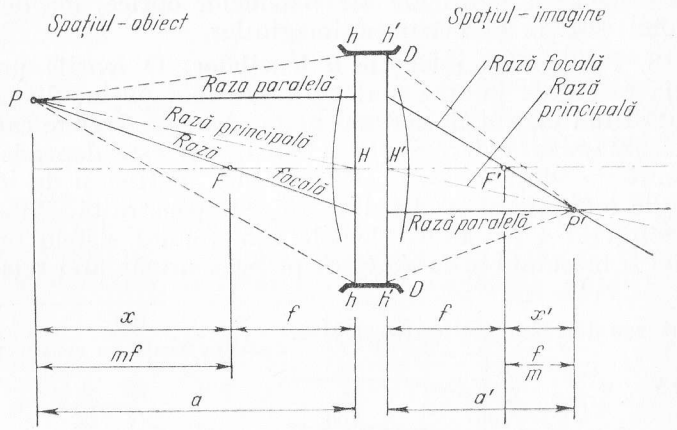


Fig. 19. Formarea imaginii de către o lentilă convergentă groasă: a — distanța-obiect; a' — distanța-imagine; P — punctul-obiect; P' — punctul-imagine.

este cel în care se găsesc obiectele care se fotografiază, iar spațiul din dreapta, cel al camerei negre a aparatului fotografic, în care se obține imaginea. Spațiul din stînga este deci *spațiul-obiect*, iar cel din dreapta, *spațiul-imagine*. Desigur că poziția celor două spații față de lentilă poate fi și inversă celei stabilite mai sus. La formarea imaginii P' a punctului P din spațiul-obiect iau parte toate razele de lumină emise de acest punct și care sînt cuprinse în conul cu vîrful în P și cu baza constituită din cercul cu diametrul DD al deschiderii diafragmei. În spațiul-imagine, toate aceste raze trebuie să formeze un con cu vîrful în P', unde ele trebuie să se întîlnească. Din totalitatea razelor acestui fascicul vom distinge *razele paralele* din spațiul-obiect, adică acele raze care merg paralel cu axa optică. Acestea, după refracția în lentilă, trec prin *focarul-imagine* F',

devenind astfel, în spațiul-imagine, *raze focale*. Orice raze focale din spațiul-obiect, adică cele care de la punctul P trec prin *focarul-obiect* F, devin, după refracția în lentilă, raze paralele în spațiul-imagine. Vom mai distinge și alte raze cu traseu caracteristic, și anume *razele principale* care, plecînd din punctul P, direct la punctul principal-obiect H, continuă drumul în spațiul-imagine, plecînd din punctul principal-imagine H', pe un traseu paralel cu cel inițial.

Punctul-imagine P' se găsește la intersecția razelor paralelă, focală și principală din spațiul-imagine, rezultate prin trecerea din spațiul-obiect a acelorași categorii de raze care pleacă din punctul-subiect P. Cele expuse sînt valabile pentru toate punctele obiectului fotografiat, ale căror imagini constituie, în ansamblu, imaginea întregului obiect.

Imaginea dată de lentilele convergente este *reală* (poate fi prinsă pe un ecran), răsturnată și inversată lateral față de subiect.

20. **Ecuația formării imaginii.** Pentru construcția desenului geometric care dă imaginea unui punct este necesar să se folosească întotdeauna aceleași notații ale distanțelor care intervin între diferitele elemente, și anume cele din fig. 19. Între elementele reprezentate în această figură există relația:

$$\frac{1}{f}=\frac{1}{a}+\frac{1}{a'},$$

în care, așa cum se vede în figură, a este distanța-obiect, iar a' este distanța-imagine, măsurate de la punctele principale respective. Se mai observă că:

$$a=f+x \text{ și } a'=f+x',$$

iar dacă se notează $x=mf$, atunci din relația de mai sus se obține $x'=\frac{f}{m}$ și deci:

$$\boxed{a=(1+m)f} \quad \text{și} \quad \boxed{a'=\left(1+\frac{1}{m}\right)f.}$$

Aceste relații prezintă o importanță deosebită. Distanțele a și a' pot fi luate, în practica fotografică, drept distanța subiectului, respectiv a imaginii, la obiectivul fotografic, considerat — cu aproximație — la centrul diafragmei.

Relaţia de mai sus — ecuaţia formării imaginii — este riguros valabilă numai pentru razele paraaxiale (spaţiul Gauss), adică pentru fasciculul de raze paralele cu axa optică situate în imediata vecinătate a acesteia, pentru celelalte raze ea putînd fi admisă cu aproximaţie.

În relaţiile de mai sus s-a introdus factorul m, care arată că, dincolo de focarul-obiect, distanţa subiectului este de atîtea ori mai mare decît distanţa focală, de cîte ori este mai mică, tot faţă de ea, distanţa imaginii la focarul-imagine. Valoarea m reprezintă, însă, şi de cîte ori imaginea este mai mică decît subiectul, adică:

$$m = \frac{\text{dimensiunile subiectului}}{\text{dimensiunile imaginii}} = \frac{y}{y'}.$$

Valoarea $\frac{1}{m}$ este scara de redare a subiectului [1].

21. **Variaţia imaginii în funcţie de poziţia subiectului.** Distanţele - obiect şi - imagine, exprimate în funcţie de factorul m, ne ajută să urmărim poziţia şi mărimea imaginii, cînd P ocupă diferite poziţii în spaţiul-obiect (fig. 20).

Cînd subiectul este foarte depărtat, a devine infinit ($m=\infty$), iar din relaţiile date rezultă $a'=f$; deci distanţa-imagine este egală cu distanţa focală. De aceea, *extensiunea*[1]

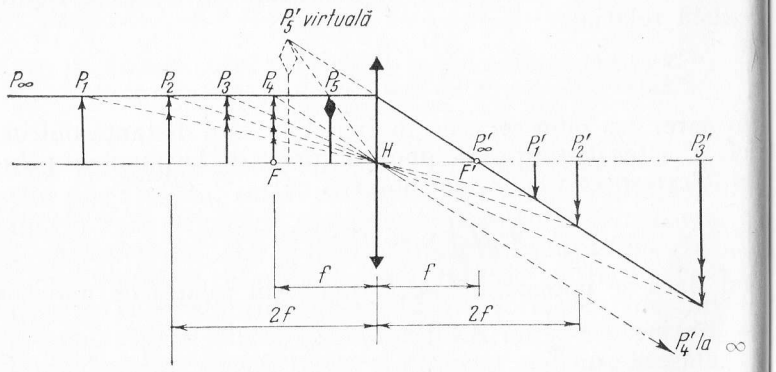


Fig. 20. Variaţia de poziţie şi de mărime a imaginii, cînd subiectul parcurge spaţiul-obiect de la infinit pînă la apropierea obiectivului (schema a fost executată pentru cazul unei lentile subţiri, pentru a simplifica desenul).

[1] Vezi C. Silistrarianu, *Timpul de expunere în fotografie*. Bucureşti, Editura tehnică, 1962. În această broşură, valoarea m era notată cu n. A fost necesară schimbarea notaţiei pentru a nu se confunda cu indicele de refracţie.

pentru punerea la punct pe infinit (egală cu distanţa a') este egală cu distanţa focală.

Imaginile punctelor de la infinit se formează în focarul-imagine şi sînt redate la scara 0 $\left(\frac{1}{m}=\frac{1}{\infty}=0\right)$.

Cînd punctul-obiect P de la infinit se apropie de obiectiv, punctul-imagine P' se depărtează de obiectiv, a' devenind mai mare decît f. Practic, acest lucru se obţine prin deplasarea obiectivului spre emulsia sensibilă, adică mărind pe a', deci mărind extensiunea. Scara de redare a subiectului creşte mereu, pe măsura apropierii subiectului de obiectiv. În momentul în care P ajunge la o distanţă dublă faţă de distanţa focală ($a=2f$), atunci $m=1$, iar distanţa-imagine este şi ea de două ori mai mare decît distanţa focală ($a'=2f$). Rezultă, deci, că atunci *cînd scara de redare a subiectului, crescînd mereu, imaginea reproduce în mărime naturală subiectul fotografiat, atît subiectul cît şi imaginea se găsesc la distanţe egale de obiectiv*, şi anume la dublul distanţei focale.

Dacă punctul P continuă să se apropie de obiectiv (se apropie de focarul F), punctul P' se depărtează foarte repede de obiectiv. În acest caz factorul m devine mai mic decît 1, iar scara de redare a subiectului este mai mare decît 1. Cînd *distanţa-subiect se apropie de distanţa focală, extensiunea se măreşte considerabil, iar imaginea reproduce subiectul în mărime mai mare decît cea naturală.*

Continuînd apropierea de obiectiv, punctul P ajunge în focarul-obiectiv F. În acest caz, $a=f$ şi $m=0$. Rezultă că scara de redare este infinită şi distanţa a' crescînd continuu, pe măsura apropierii lui P, devine şi ea infinită. *Imaginea punctelor situate în focar se formează la infinit.*

Cînd P se apropie de obiectiv la o distanţă mai mică decît distanţa focală, imaginea devine virtuală (ea nu mai poate fi prinsă pe un ecran) şi această situaţie nu mai interesează din punct de vedere fotografic.

Exemplul 3. Cu cît avansează un obiectiv cu distanţa focală de 5,8 cm, cînd punerea la punct trece de la infinit (∞) la 1 m?

Cînd aparatul este pus la punct pe 1 m, înseamnă că $a=100$ cm. Calculăm pe m din formula $a=(1+m)f$. Se obţine:

$$m=\frac{a}{f}-1=\frac{100}{5{,}8}-1=16{,}2$$

Avansarea obiectivului față de poziția de punere la punct pe infinit este:

$$x' = \frac{f}{m} = \frac{5{,}8}{16{,}2} = 0{,}358 \text{ cm}.$$

Rezultă că obiectivul avansează cu 0,358 cm sau 3,58 mm și, în această poziție, imaginea obținută reproduce subiectul la dimensiuni de 16,2 ori mai mici.

Exemplul 4. Un aparat de format 9×12 cm are un obiectiv cu $f = 13{,}5$ cm. Prin manevrarea cremalierei, placa port-obiectiv poate avansa dincolo de poziția ∞ cu 7,5 cm.

Să se calculeze: distanța la care se poate fotografia cu această extensiune, cîmpul fotografiat și scara la care este redat subiectul.

La extinderea maximă, a' depășește f cu 7,5 cm; deci $x' = 7{,}5$ cm Prin urmare, $\frac{f}{m} = 7{,}5$ cm și, deci,

$$m = \frac{f}{7{,}5} = \frac{13{,}5}{7{,}5} = 1{,}8.$$

Subiectul va fi redus la scara $\frac{1}{1{,}8} = 0{,}55$.

Cîmpul care va putea fi fotografiat este $16{,}2 \times 21{,}6$ cm, deoarece $y = my'$, adică:

$$9 \times 1{,}8 = 16{,}2 \text{ cm și } 12 \times 1{,}8 = 21{,}6 \text{ cm}.$$

Distanța la care ne putem apropia de subiect:

$$a = (1+m)f = (1+1{,}8)13{,}5 = 37{,}8 \text{ cm}.$$

Exemplul 5. Să se arate dacă se poate reproduce un text de pe o foaie de hîrtie de 21×29 cm cu un aparat 6×6 care are un obiectiv cu $f = 8$ cm care se poate pune la punct pînă la distanța de 1 m.

Formatul fiind pătrat și avînd dimensiunile efective ale imaginii de 58×58 mm, problema nu se pune decît pentru dimensiunea mare a hîrtiei. Pentru a putea folosi întregul format, este indicat ca dimensiunea mare a hîrtiei să nu fie redusă de un număr mai mare de ori decît

$$m = \frac{y}{y'} = \frac{290}{58} = 5$$

(scara de redare a subiectului este $\frac{1}{5} = 0{,}2$).

Pentru punerea la punct la 1 m, dimensiunile subiectului sînt reduse în raportul:

$$m = \frac{a}{f} - 1 = \frac{100}{8} - 1 = 11{,}5$$

(scara de redare este $\frac{1}{11{,}5} = 0{,}087$).

Aparatul putînd să redea subiecte cu scări de redare între 0 ($a = \infty$) și 0,087 ($a = 1$ m), hîrtia poate fi fotografiată, dar la o scară mult prea

redusă, apărînd în imagine mult prea mică, cu dimensiunile de maximum $1{,}83 \times 2{,}52$ cm $\left(\text{deoarece } \frac{21}{11{,}5} = 1{,}83 \text{ și } \frac{29}{11{,}5} = 2{,}52\right)$, ceea ce este nesatisfăcător pentru a citi textul. Rezultă că formatul nu poate fi folosit în întregime, în acest caz, din cauza dispozitivului de punere la punct, care nu permite apropierea mai mare de subiect.

Exemplul 6. Un aparat reflex de format mic (24×36) are un obiectiv cu $f = 5$ cm, cu care se poate pune la punct pînă la distanța de 60 cm. Să se determine cîmpul minim care poate fi fotografiat și scara la care este redat subiectul cel mai apropiat care poate fi fotografiat.

Se calculează:

$$a = (1+m)f \text{ sau } 60 = (1+m)5,$$

de unde

$$m = \frac{60}{5} - 1 = 11.$$

Subiectul va fi redat la scara $\frac{1}{m} = \frac{1}{11} = 0{,}09$ (adică cu dimensiuni de 11 ori mai mici), iar cîmpul care poate fi fotografiat este de $26{,}4 \times \times 39{,}6$ cm (deoarece $2{,}4 \times 11 = 26{,}4$ și $3{,}6 \times 11 = 39{,}4$).

22. **Sisteme optice cu două lentile.** Cînd se realizează un sistem optic din două lentile (considerate subțiri) cu distanțele focale f_1 și f_2, așezate la o distanță între ele e, atunci elementele sistemului (fig. 21) se pot obține din următoarele relații:

Distanța focală a sistemului este:

$$f = \frac{f_1 f_2}{f_1 + f_2 - e}.$$

În cazul în care cele două lentile sînt alăturate sau e este foarte mic, astfel încît poate fi neglijat, se folosesc relațiile:

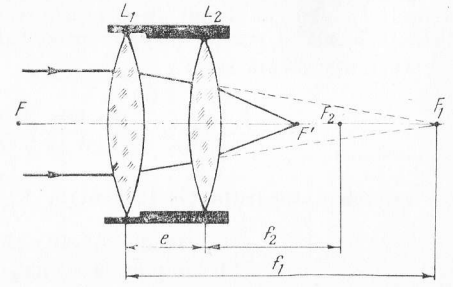


Fig. 21. Sistem optic compus din două lentile: F' — focarul sistemului; F_1 — focarul lentilei L_1 cu distanța focală f_1; F_2 — focarul lentilei L_2, cu distanța focală f_2; e — distanța dintre lentile.

$$f = \frac{f_1 f_2}{f_1 + f_2} \text{ sau } \frac{1}{f} = \frac{1}{f_1} + \frac{1}{f_2}.$$

De aici rezultă că, neglijînd valoarea lui e, puterea de refracție a sistemului este egală cu suma puterilor de refracție ale celor două lentile:

$$\varphi = \varphi_1 + \varphi_2.$$

Distanța de la lentila L_1 dinspre spațiul-obiect la focarul-obiect F și distanța de la lentila L_2 dinspre spațiul-imagine la focarul-imagine F' sînt:

$$FL_1=\frac{f_1(f_2-e)}{f_1+f_2-e} \text{ și } F'L_2=\frac{f_2(f_1-e)}{f_1+f_2-e}.$$

Distanțele focale ale lentilelor divergente se vor considera în calcule cu semnul minus (—).

E x e m p l u l 7. Să se calculeze puterea de refracție pe care trebuie să o aibă o lentilă care se așază alipită în fața unui obiectiv cu $f=8$ cm pentru a obține un sistem cu $f=6{,}9$ cm.

Puterea de refracție a obiectivului este:

$$\varphi_1=\frac{100}{f}=\frac{100}{8}=12{,}5 \text{ dioptrii.}$$

Neglijînd distanța dintre elemente, din formula $\varphi=\varphi_1+\varphi_2$ se obține $\varphi_2=\varphi-\varphi_1$ adică:

$$\varphi_2=14{,}5-12{,}5=2 \text{ dioptrii.}$$

Lentila trebuie să fie convergentă de 2 dioptrii. Această lentilă este cunoscută sub denumirea comercială Proxar 2.

E x e m p l u l 8. Două lentile subțiri au distanțele focale $f_1=16$ cm, respectiv $f_2=20$ cm și sînt așezate la distanța $e=4$ cm. Să se calculeze distanța focală și poziția planelor principale ale sistemului.

Distanța focală este:

$$f=\frac{f_1+f_2}{f_1+f_2-e}=\frac{16\times 20}{16+20-4}=\frac{320}{32}=10 \text{ cm}$$

Distanța focarului F la lentila L_1 este:

$$FL_1=\frac{16(20-4)}{16+20-4}=\frac{16\times 16}{32}=8 \text{ cm.}$$

Distanța planului principal h se găsește la $10-8=2$ cm în dreapta lentilei L_1 (deci la mijlocul distanței dintre cele două lentile).

Distanța focarului F' la lentila L_2 se calculează astfel:

$$F'L_2=\frac{20(16-4)}{16+20-4}=\frac{20\times 12}{32}=7{,}5 \text{ cm.}$$

Planul principal h' se află la $10-7{,}5=2{,}5$ cm în stînga lentilei L_2; deci este mai apropiat de lentila L_1 decît de lentila L_2.

Se observă că sistemul are planele principale inversate ca poziție. Măsurarea distanțelor la obiect și imagine se face, însă, după regula cunoscută, indiferent de poziția reciprocă a planelor principale.

Observație. **Dacă distanța e ar fi neglijabilă, distanța focală a sistemului ar fi fost de 8,9 cm în loc de 10 cm. Acest lucru pune în evidență influența variației distanței dintre două elemente optice, asupra distanței focale a întregului sistem, și lămurește principiul obiectivelor cu distanță focală variabilă (pct. 52).**

ABERAȚIILE LENTILELOR

23. **Aspecte generale.** Imaginea constituită de o lentilă corespunde relațiilor date numai în domeniul foarte limitat al spațiului Gauss (pct. 20), în imediata vecinătate a axei optice. Acest domeniu este foarte limitat și desenul imaginii dat de o lentilă cu razele din afara acestui spațiu prezintă erori datorite unor defecte proprii sistemelor optice constituite dintr-o singură lentilă, defecte numite *aberațiile lentilei*. Aceste defecte ale lentilelor sînt: *aberația cromatică, aberația de sfericitate, coma, astigmatismul, curbura imaginii* și *distorsiunea*, la care trebuie să se adauge și *pata de lumină*.

24. **Aberația cromatică.** La trecerea printr-o lentilă, ca și la prisme (pct. 11), razele de lumină albă se descompun în cele șapte culori ale spectrului. Razele violete fiind deviate mai mult decît cele roșii, ajung la axa optică într-un punct mai apropiat de lentilă și, de aceea, distanța lor focală este mai mică decît a celorlalte radiații colorate, ale căror focare se înșiră succesiv pe axa optică, pînă la focarul radiațiilor roșii. Aceasta este *aberația cromatică* (fig. 22). Diferențele dintre pozițiile focarelor sînt dependente de raza de curbură a lentilei și de indicele de refracție n al sticlei din care e construită. Aceste diferențe pot fi destul de mari, chiar de ordinul milimetrilor.

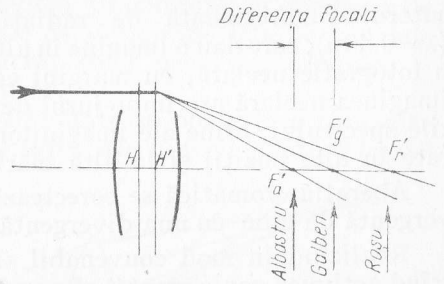


Fig. 22. Diferența de poziție a focarelor radiațiilor monocromatice, ca urmare a aberației cromatice a lentilelor (aberația longitudinală — de poziție). Distanța dintre focarul razelor galbene și al celor albastre constituie *diferența focală* și arată decalajul dintre imaginea cel mai bine vizibilă și cea care influențează mai puternic emulsia sensibilă.

Distanţele focale pentru diferitele radiaţii colorate fiind diferite, şi mărimea imaginilor date de acestea vor fi diferite (fig. 23). Rezultă că există o *aberaţie cromatică longitudinală*, acelaşi subiect avînd imagini de diferite culori aşezate

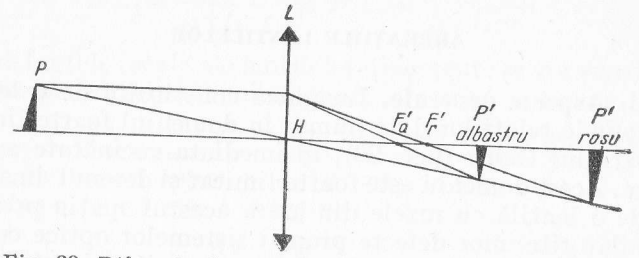


Fig. 23. Diferenţa de mărime a imaginilor date de diferite radiaţii monocromatice (aberaţia transversală — de mărime).

la distanţe diferite de lentilă, şi o *aberaţie cromatică transversală*, constituită din variaţia mărimii acestor imagini diferit colorate. Aceste aberaţii prezintă neajunsul că, în timp ce imaginea se pune la punct pe radiaţia galben-verzuie (λ=0,55 μ), cel mai bine vizibilă (pct. 12), emulsia este mai puternic impresionată de radiaţiile albastre şi violete (λ=0,40 μ), care dau o imagine în altă poziţie. De aici rezultă o fotografie neclară, cu margini estompate. În film color, imaginea neclară are împrejurul desenului irizaţii din culorile spectrului, urme ale imaginilor date de radiaţiile colorate în alte poziţii şi la altă mărime.

Aberaţia cromatică se corectează asociind o lentilă convergentă de cron cu una divergentă de flint, lipite între ele.

Realizînd în mod convenabil sistemul, se ajunge (păstrînd acţiunea convergentă) să se aducă la suprapunere focarele de roşu şi albastru şi, implicit, şi cel al culorilor intermediare. Acest sistem optic (v. fig. 36, *c*) este un *acromat* (fără culoare).

25. **Aberaţia de sfericitate.** Concentrarea în focar, de către o lentilă convergentă, a razelor paralele cu axa optică, este valabilă numai pentru razele paraaxiale, cele mai depărtate de axa optică avînd distanţe focale din ce în ce mai scurte, cu cît sînt mai depărtate de axă (fig. 24). Aceasta constituie *aberaţia de sfericitate* şi cauza ei constă în faptul că unghiul de incidenţă al razelor creşte pe măsură ce sînt mai depărtate de axa optică, iar refracţia se ştie că este din ce

în ce mai puternică, pe măsură ce creşte unghiul de incidenţă.

Aberaţia de sfericitate este abia percepută la o lentilă cu deschiderea relativă de $\frac{1}{11}$ (diafragma 11); la o deschidere

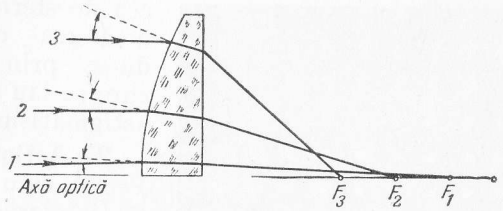


Fig. 24. Aberaţia de sfericitate face ca razele marginale să aibă focare mai apropiate de lentilă decît razele paraaxiale. Se observă diferenţa de mărime a unghiului de incidenţă la razele *1*, *2* şi *3*.

relativă de $\frac{1}{8}$, ea devine supărătoare, iar la $\frac{1}{5}$, ea duce la o imagine inutilizabilă. Pentru lentilele cu aceeaşi distanţă focală şi deschidere relativă, aberaţia de sfericitate depinde de curbura lentilei, fiind mai pronunţată la meniscurile puternic curbate. Aberaţiile de sfericitate date de lentilele pozitive sînt de sens contrar celor negative, deoarece şi curburile sînt de sens contrar.

Corecţia aberaţiei de sfericitate se poate face prin diafragmare, adică prin micşorarea deschiderii relative (cazul aparatelor fotografice ieftine — aşa-numitele box). În mod curent, corecţia se face, însă, asociind unei lentile convergente, o lentilă divergentă, dintr-o sticlă de altă calitate, convenabil aleasă.

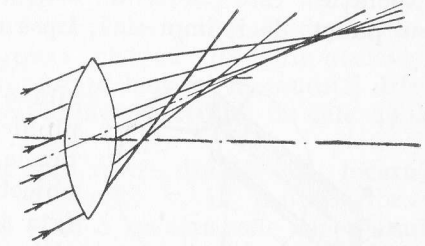


Fig. 25. Lipsa de concentrare într-un focar a fasciculului de raze cu direcţie înclinată pe axa optică (aberaţia cometică sau coma).

23. **Coma.** Această aberaţie poate fi considerată ca o consecinţă a aberaţiei de sfericitate, aplicată la razele neparalele cu axa optică, şi a căror direcţie face cu această axă un unghi oarecare. Un fascicul de raze de lumină înclinate faţă de axa optică nu mai dau un focar punctual (fig. 25),

ci o pată de lumină care are forma unei virgule sau a unei comete (de unde şi numele), pată care este cu atît mai pronunţată cu cît înclinarea fasciculului pe axa optică este mai mare. Fig. 26 reprezintă un efect de comă. Această aberaţie se corectează, ca şi cea de sfericitate, remedierea completîndu-se prin măsurile care se iau la corecţia astigmatismului.

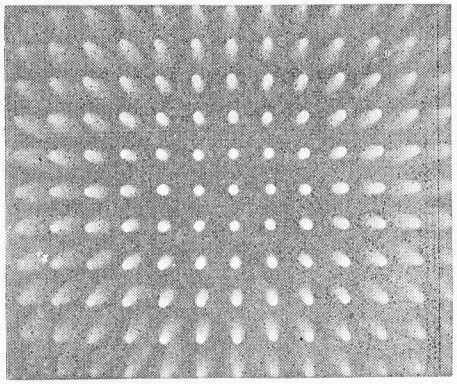


Fig. 26. Efectul de comă la fotografia unei table cu găuri regulat aşezate, prin care trece lumina. Se observă că punctele marginale sînt date prin pete de formă caracteristică.

27. Astigmatismul. Pentru ca o fotografie să fie clară, imaginea fiecărui punct al subiectului trebuie să fie, de asemenea, punctuală. La imaginea punctelor ia parte un fascicul de raze cu diferite incidenţe pe suprafaţa lentilei. Cu o singură lentilă nu se poate obţine, însă, o imagine punctuală a unui punct-obiect situat în afara spaţiului Gauss, ci numai o liniuţă, o elipsă, sau cel mult un cerc. Această aberaţie este numită *astigmatism* (a = fără, stigma = punct; deci, împreună, lipsă de punct).

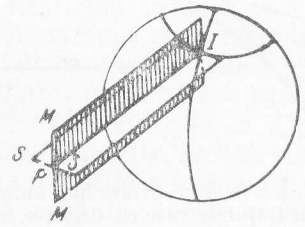


Fig. 27. Modul de incidenţă diferit la contactul dintre suprafaţa unei lentile şi vibraţiile din planul meridional (MM) şi sagital (SS) al razei de lumină PI.

Explicarea fenomenului necesită o schematizare a aspectelor problemei. Considerăm una dintre razele care pleacă din punctul-obiect P (fig. 27) şi cade pe suprafaţa lentilei în punctul I. Vibraţiile acestei raze se manifestă în toate planele care trec prin linia ce reprezintă direcţia ei de propagare (pct. 14, fig. 12, *a*). Vom considera din aceste plane numai pe cel *sagital* (S) şi pe cel *meridional* (M) care determină la intersecţia lor cu suprafaţa lentilei, două cercuri: unul — analog cu paralelele de pe globul pămîntesc — dat pe planul sagital, şi altul — analog cu meridianele globului — dat pe planul meridional. Cele două cercuri au raze

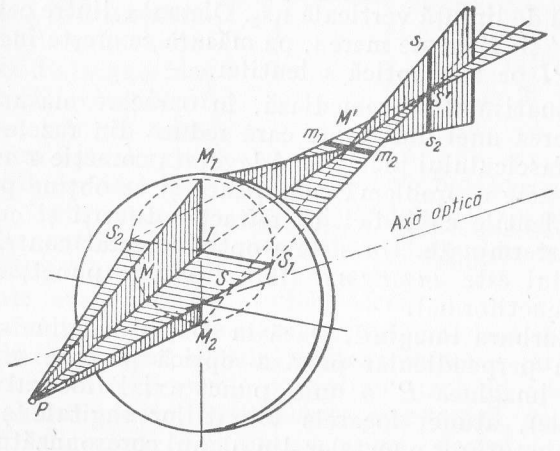


Fig. 28. Explicarea schematică a astigmatismului: PI — direcţia razei incidente; M_1M_2 — intersecţia planului meridional cu suprafaţa lentilei; S_1S_2 — intersecţia planului sagital cu suprafaţa lentilei; M' — focarul vibraţiilor din planul meridional; S' — focarul vibraţiilor din planul sagital.

diferite, şi anume cel meridional o rază egală cu raza curburii suprafeţei respective a lentilei, iar cel sagital, are o rază variabilă, după poziţia punctului de incidenţă (depărtarea lui de axa optică). Apare, deci, clar că vibraţiile aceleiaşi raze de lumină întîlnesc suprafaţa lentilei în condiţii diferite de incidenţă; deci refracţia vibraţiilor în cele două plane va fi diferită.

Din această cauză, aşa cum reiese din fig. 28, focarul razelor care pleacă din P se găseşte în M' pentru vibraţiile din planul meridional şi în S' pentru cele din planul sagital. În acest fel, dacă se aşază ecranul pe care prindem imaginea în punctul M', vibraţiile meridionale vor da o imagine punctuală a punctului P, iar vibraţiile sagitale vor trasa o liniuţă orizontală m_1m_2. Dacă se deplasează ecranul în punctul S', vibraţiile sagitale vor da o imagine punctuală, iar cele meridionale vor trasa o liniuţă verticală s_1s_2. Deplasînd ecranul între aceste două puncte şi

ţinînd seamă că vibraţiile se produc în toate planele, nu numai în planele M şi S, imaginea punctului va varia de la liniuţa orizontală m_1m_2 în punctul M' trecînd prin forma de elipsă cu axa mare orizontală, apoi prin formă de cerc, de elipsă cu axa mare verticală, pentru ca să ajungă în S sub formă de liniuţă verticală s_1s_2. Distanţa dintre cele două focare M' şi S' creşte mereu, pe măsură ce creşte înclinarea razelor PI pe axa optică a lentilei.

Astigmatismul se remediază, în oarecare masură, prin introducerea unei diafragme care reduce din razele marginale ale fasciculului incident. Adevărata corecţie a astigmatismului este o problemă complicată şi se obţine prin sisteme de lentile cu indici de refracţie diferiţi şi cu forme anume determinate. Un sistem optic corectat contra astigmatismului este *anastigmat* (fără lipsă de punct, deci cu redare punctiformă).

28. **Curbura imaginii.** Dacă în spaţiul-imagine se aşază un ecran perpendicular pe axa optică pe care se prinde (fig. 29) imaginea P' a unui punct axial (focarul razelor paraaxiale), atunci focarele vibraţiilor sagitale şi meridionale ale tuturor punctelor din planul corespunzător punctului-obiect se găsesc pe două suprafeţe de rotaţie MM şi SS în afara planului normal al imaginii P'. Imaginea planului-obiect nu este dată pe un plan, ci pe o suprafaţă curbată (sferică). Cîmpul imaginii apare deci curb şi, deoarece suprafaţa emulsiei sensibile este plană, nu se va putea prinde pe ea imaginea clară a subiectului, aceasta fiind cu atît mai neclară cu cît ne depărtăm de centru.

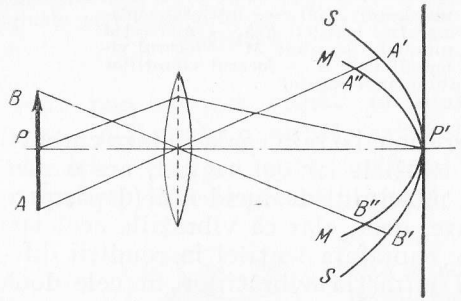


Fig. 29. Curbura imaginii. Planele M şi S sînt urma suprafeţelor de revoluţie în care se formează focarele vibraţiilor meridionale şi sagitale ale fiecărui punct al imaginii. Punctele A', A'' şi B', B'' constituie dublul focar al punctelor A şi B.

Curbura imaginii este strîns legată de astigmatism şi se corectează simultan prin aceleaşi mijloace.

29. **Distorsiunea.** Această aberaţie constă în faptul că, la marginea imaginilor, date de o lentilă, liniile drepte nu mai sînt redate rectiliniar, ci sînt curbate. Această deformare este *distorsiunea* imaginilor. Dacă unele aberaţii ale lentilelor sînt atenuate prin adaptarea unei diafragme, în cazul de faţă tocmai diafragma este cea care produce deformarea imaginii. Astfel, dacă în drumul razelor de lumină se introduce diafragma înaintea lentilei, un pătrat va avea laturile bombate spre exterior, ca un butoi, iar dacă diafragma este aşezată înapoia lentilei, laturile pătratului apar bombate spre interior, avînd forma de pernă (fig. 30).

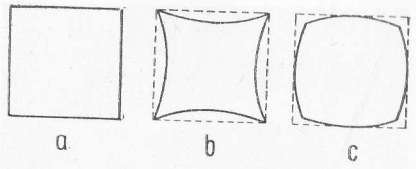


Fig. 30. Distorsiunea:
a — obiectul fotografiat; *b* — imaginea redată cînd diafragma se află înapoia lentilei; *c* — imaginea redată cînd diafragma se află înaintea lentilei.

Distorsiunea este cauzată de faptul că lentila are o altă scară de redare a subiectului pentru punctele a căror imagine este constituită de razele paraaxiale, faţă de cele obţinute cu razele marginale. Distorsiunea este legată, deci, de aberaţia de sfericitate. Eliminarea ei este destul de simplă şi a fost dată de münchenezul Steinheil, care a introdus diafragma între cele două jumătăţi ale lentilei (fig. 36, *b*).

30. **Pata de lumină.** Pe lîngă aberaţiile lentilelor trebuie să se amintească şi un alt defect — *pata de lumină*. Spre deosebire de aberaţii, care se corectează prin asamblarea mai multor lentile, pata de lumină se accentuiază cu cît sistemul optic cuprinde mai multe lentile sau, mai corect, cu cît acest sistem prezintă mai multe suprafeţe libere (treceri sticlă-aer). Pata de lumină care se formează pe imagine se datoreşte reflexiilor multiple produse pe suprafeţele lentilelor (fig. 31). În acest fel, în spaţiul-imagine pătrunde nu numai raza principală, ci pătrund şi o serie de raze secundare, însă de intensitate luminoasă mai redusă. Aceste raze secundare dau naştere unor imagini foarte puţin luminoase,

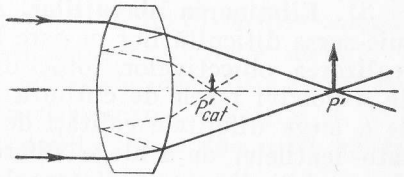


Fig. 31. Formarea imaginii catadioptrice din razele care au suferit reflexii secundare pe suprafaţa lentilei:
P' — imaginea normală a punctului; P'_{cat} — imaginea catadioptrică a punctului situată mai aproape de lentilă.

așezate mai aproape de lentilă, numite *imagini catadioptrice* P'_{cat}. În sistemele optice cu multe suprafețe libere, numărul imaginilor catadioptrice crește foarte mult (6 imagini la 4 suprafețe, 15 imagini la 6 suprafețe și 25 de imagini la 8 suprafețe). Ele au ca efect suprapunerea peste imaginea principală, a unor iluminări generale, care scad vigoarea imaginii, apariția unor pete luminoase, sau, în unele condiții speciale, chiar a unor imagini multiple (fig. 32).

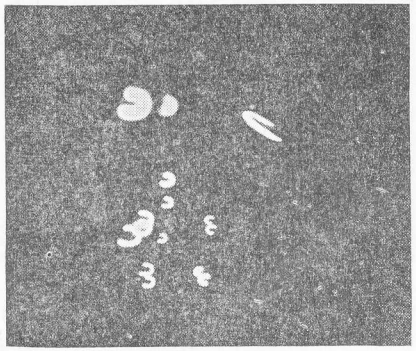


Fig. 32. Prezentarea imaginilor catadioptrice ale filamentului unei lămpi electrice cu incandescență, obținute în anumite condiții, cu un obiectiv cu șase suprafețe libere.

Prin curbura lentilelor, prin evitarea pe cît posibil a suprafețelor libere și, în ultimul timp, prin tratarea suprafeței lentilelor, reflexele secundare sînt aproape eliminate, imaginile catadioptrice sînt mult depărtate de imaginea principală și sînt reduse la intensități luminoase infime, care nu influențează vigoarea imaginii principale.

31. **Eliminarea aberațiilor.** Aberațiile lentilelor constituie sursa dificultăților pe care le întîmpină calculatorii la realizarea obiectivelor fotografice. Sarcina acestora este de a potrivi razele de curbură ale suprafețelor lentilelor, de a alege diferitele calități de sticlă din care sînt realizate lentilele, de a alege diferitele grosimi ale lentilelor și a stabili distanțele dintre ele, precum și cazurile cînd trebuie să fie asociate prin lipire. Problema cea mai dificilă constă în faptul că, mai totdeauna, soluțiile care duc la eliminarea unora dintre aberații provoacă accentuarea celorlalte. De aceea, totdeauna se adoptă o soluție de compromis care, pe lîngă aspecte tehnice, are și aspecte economice.

III. OBIECTIVELE FOTOGRAFICE

CARACTERISTICILE OBIECTIVELOR

32. **Obiectivul fotografic.** Sub denumirea de obiectiv se înțelege un sistem optic constituit din unu sau din mai multe elemente libere, realizate din lentile, fie separate, fie lipite între ele cu o rășină specială (balsam de Canada). Aceste elemente sînt așezate la distanțe convenabile, într-o montură tubulară metalică, care se fixează la partea anterioară a aparatului fotografic.

S-a arătat că obiectivul fotografic — oricare ar fi — este echivalent cu o lentilă convergentă groasă; de aceea, toate elementele caracteristice ale acesteia sînt aplicabile și obiectivului (focare, plane și puncte principale, construcția imaginii etc.).

33. **Luminozitate și diafragmă.** Fasciculul de raze care străbate obiectivul este limitat de o pupilă circulară cu suprafață variabilă, constituită dintr-un dispozitiv compus dintr-o serie de lamele articulate pe o ramă inelară, a cărei rotire, comandată de *inelul diafragmei* din exteriorul monturii obiectivului, provoacă mișcarea lamelelor și, prin aceasta, variația diametrului pupilei. Acest dispozitiv constituie *diafragma*.

Diametrul pupilei constituie *deschiderea utilă* (d) a diafragmei. Cînd, rotind inelul diafragmei, se variază diametrul pupilei, se variază și deschiderea utilă. La deschiderea maximă a diafragmei, diametrul pupilei reprezintă *deschiderea utilă a obiectivului*. Deschiderile utile se măsoară în milimetri.

Nu trebuie să se confunde deschiderea maximă a diafragmei, respectiv deschiderea utilă a obiectivului, cu diametrul lentilei frontale a obiectivului, care poate fi mult mai mare (fig. 48).

Raportul dintre deschiderea utilă şi distanţa focală $\left(\frac{d}{f}\right)$ se numeşte *deschidere relativă*, iar cînd d are valoare maximă se obţine şi *deschiderea relativă maximă*, valoare care este cunoscută sub denumirea de *luminozitatea obiectivului*.

Deschiderile diafragmei sînt date de *indicii diafragmei* (D), care sînt gravaţi pe inelul diafragmei. Aceştia reprezintă valorile inverse ale deschiderilor relative $\left(\frac{f}{d}\right)$. Pentru indicii diafragmei s-a stabilit o scară internaţională, ale cărei valori sînt:

1—1,4—2—2,8—4—5,6—9—11—16—22—32—45—64.

Aceste valori corespund unei înjumătăţiri a suprafeţei pupilei în cazul trecerii de la o treaptă la alta, în sensul creşterii indicelui. Rezultă că diafragma este cu atît mai închisă cu cît indicele ei este mai mare. Diafragma cu deschidere maximă corespunde indicelui minim. Luminozitatea unui obiectiv este cu atît mai mare cu cît indicele la care se poate deschide diafragma lui este mai mic (de exemplu, obiectivul 1 : 2,8 este mai luminos decît obiectivul 1 : 3,5).

Exemplul 9. Care este deschiderea utilă a unui obiectiv cu $f=10$ cm, dacă diafragma este 8?

Avem

$$\frac{f}{d}=8 \text{ sau } d=\frac{10}{8}=1{,}25 \text{ cm}=12{,}5 \text{ mm}.$$

Deschiderea utilă, adică diametrul pupilei diafragmei, este de 12,5 mm.

Exemplul 10. Deschiderea utilă maximă a unui obiectiv este de 15 mm, iar distanţa focală este de 7,5 cm. Să se calculeze luminozitatea obiectivului.

$$\text{Luminozitatea}=\frac{d_{max}}{f}=\frac{15}{75}=\frac{1}{5}.$$

Indicele diafragmei maxime este 5.

Exemplul 11. Un obiectiv diafragmat la 5,6 are o deschidere utilă de 21,4 mm. Să se calculeze distanţa focală.

Indicele diafragmei

$$D=\frac{f}{d}=5{,}6; \text{ deci } f=5{,}6\times d.$$

Prin urmare:

$$f=5{,}6\times 21{,}4=120 \text{ mm}=12 \text{ cm}.$$

Distanţa focală a obiectivului este, deci, de 12 cm.

34. **Unghiul de poză.** Un obiectiv montat la camera obscură proiectează pe peretele opus o zonă luminoasă de formă circulară numită *cîmpul obiectivului* (fig. 33). Unghiul sub care obiectul proiectează zona luminoasă circulară este

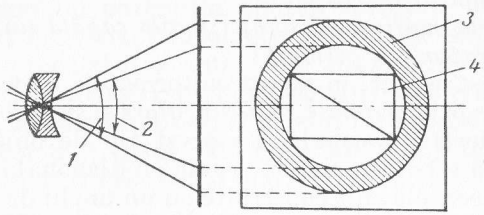


Fig. 33. Cîmpul obiectivului şi cîmpul imaginii:
1 — unghiul de cîmp; *2* — unghiul de poză; *3* — cîmpul obiectivului; *4* — cîmpul imaginii.

unghiul de cîmp al obiectivului. Din tot cîmpul obiectivului, numai într-o zonă circulară concentrică mai mică se poate obţine o imagine perfect clară şi de luminozitate relativ uniformă, zonă pentru care s-a asigurat corecţia maximă a aberaţiilor şi, de aceea, numai în ea se poate înscrie formatul de imagine utilizat la fotografiere. Această zonă utilizabilă din cîmpul obiectivului constituie *cîmpul imaginii* care are un diametru egal cu diagonala formatului imaginii, iar unghiul la centrul obiectivului care cuprinde acest cîmp, cînd planul imaginii este în focar (F'), constituie *unghiul de poză* al obiectivului. Mărimea lui se exprimă în funcţie de distanţa focală şi de diagonala formatului.

O deosebită importanţă prezintă legătura dintre unghiul de poză, formatul imaginii şi distanţa focală. Asupra acestei probleme se fac deseori confuzii şi, de aceea, va fi analizată în cele ce urmează, pentru a evita orice confuzii şi a utiliza în mod just noţiunile.

Un obiectiv este calculat astfel, încît să se asigure cea mai bună corecţie a aberaţiilor pentru un anumit unghi de poză, ceea ce înseamnă că, faţă de distanţa lui focală — de asemenea stabilită de constructor — obiectivul corespunde unui anumit cîmp al imaginii, deci implicit unui anumit format maxim.

Distanţele focale ale obiectivelor pot fi mai mari sau mai mici şi tot astfel şi cifrele care le exprimă mărimea în centimetri sau în milimetri; aprecierea, după aceste valori numerice, ceea ce de obicei se numeşte „focala lungă sau scurtă", nu are nici o valoare în sine, ci o valoare cu totul relativă,

dîndu-ne numai o indicaţie asupra dimensiunilor piesei, a distanţelor la care se poate obţine imaginea şi a mărimii ei. Un obiectiv cu $f=10$ cm are o distanţă focală mare pentru formatul 24×36 cm, respectiv o distanţă focală prea mică pentru formatul 9×12 cm.

De aceea, *mărimea distanţei focale capătă un sens precis numai în raport cu formatul.*

Sub acest aspect, în raport cu formatele, obiectivele sînt de trei categorii: *normale*, *superangulare* şi *superfocale*.

35. **Obiective normale.** La acest tip de obiective, distanţa focală este aproximativ egală cu diagonala formatului ($d=f$) şi, deci, ele sînt construite cu un unghi de poză corespunzător. Teoretic, acest unghi este de circa 53°. În realitate, unghiurile de poză ale obiectivelor normale variază, de obicei, între 45 şi 60°.

În tabela 1 se dau distanţele focale uzuale în raport cu formatele curente.

Tabela 1

Mărimea distanţelor focale uzuale la formatele curente

Formatul cm	Distanţa focală f, mm		
	Obiective normale	Obiective superangulare	Obiective superfocale
2,4×3,6	40 — 58	21 — 35	80 — 500
6× 6	75 — 100	40 — 65	120 şi mai mare
6,5× 9	100 — 120	55 — 85	160 şi mai mare
9× 12	130 — 150	75 — 100	200 şi mai mare

Obiectivele normale pot fi totdeauna folosite ca obiective superfocale, la formatele mai mici decît cele pentru care au fost calculate (dacă se modifică sau se completează montura), folosindu-se, în acest caz, numai o parte din cîmpul imaginii disponibil. Niciodată ele nu pot fi folosite ca superangulare, la formatele mai mari decît pentru cele care au fost calculate.

36. **Obiective superangulare.** Aceste obiective sînt special construite, astfel încît la formatul pentru care sînt calculate să cuprindă un subiect cu cîmp cît mai larg. Unghiul lor de poză este mai mare decît 60° şi ajunge, de obicei, pînă la 90—100°, iar în cazul unor construcţii deosebite, pentru scopuri ştiinţifice, pînă la 120° şi chiar mai mult.

Obiectivele superangulare pot fi folosite ca obiective normale pentru formatele cu diagonala de acelaşi ordin de mărime cu distanţa lor focală, sau ca superfocale, pentru formatele cu diagonala mai mică decît distanţa lor focală, folosind numai o parte din cîmpul imaginii lor. Aceasta nu este însă convenabil deoarece obiectivele superangulare sînt scumpe tocmai din cauza corecţiilor dificile care li se aduc, pentru a acoperi în bune condiţii un cîmp cît mai mare, care, în cazul folosirii în modul menţionat nu ar mai fi utilizat complet. Niciodată obiectivele superangulare nu pot fi folosite la formate mai mari decît cele pentru care au fost calculate.

37. **Obiective superfocale.** Aceste obiective sînt construite special cu unghiuri de poză mici, fiind destinate pentru a da imagini la scară mai mare decît a celor date de obiectivele normale la formatul respectiv. Ele se mai numesc şi *obiective de distanţă*. Unghiurile lor de poză sînt, de obicei, mai mici decît 35°, putînd scădea la cîteva grade.

Obiectivele superfocale nu pot fi folosite decît tot ca atare, la formate şi mai mici decît cele pentru care sînt destinate. Ele nu pot servi nici ca obiective normale şi nici ca obiective superangulare la formate mai mari.

38. **Definirea distanţelor focale scurte şi lungi.** Din cele arătate rezultă importanţa justei orientări, cînd se vorbeşte despre distanţe focale lungi sau scurte. După distanţa lui focală, un obiectiv poate fi apreciat, în general, ca avînd o distanţă focală *mare sau mică*, însă nu ca avînd distanţă focală *lungă sau scurtă*, decît numai în raport cu formatul pentru care este folosit. Astfel, un obiectiv cu $f=13,5$ cm, calculat pentru aparatul de format mic 24×36 mm, pentru care reprezintă o distanţă focală lungă, nu poate fi folosit la un aparat cu plăci 9×12 cm, deşi această distanţă focală este normală formatului. Acest obiectiv nu va reda clar decît o porţiune rotundă în mijlocul formatului mare. Niciodată un obiectiv cu $f=5,8$ cm pentru format mic nu poate fi superangular pentru formatul 6×6 cm, deşi pentru acest format el reprezintă o distanţă focală scurtă. Obiectivul folosit în aceste condiţii nu va putea acoperi întregul format al imaginii, nefiind suficientă o distanţă focală scurtă, ci un obiectiv superangular (adică distanţă focală scurtă, dar construit şi pentru un unghi de poză mare).

Invers, un obiectiv normal ($f=7,5$ cm sau 8 cm) pentru formatul 6×6 cm poate fi folosit pentru formatul mic,

pentru care lucrează ca superfocal. Este cazul aparatelor Flexaret şi Rolleiflex care, în afară de formatul 6×6 cm, au dispozitive pentru fotografiere şi pe formatul 24×36 mm.

39. **Vignetarea.** Suprafaţa pe care se formează imaginea nu este uniform luminată de obiectiv. Luminozitatea obiectivului şi toate calculele făcute pe baza deschiderii relative sînt valabile pentru centrul imaginii, unde aceasta este formată de razele paraaxiale. Cu cît un punct (C) de pe suprafaţa imaginii (fig. 34) este mai depărtat de centrul acesteia (intersecţia cu axa optică a obiectivului), cu atît el primeşte mai puţin lumină. Se produce aşa-numita scădere a luminozităţii către marginile imaginii, sau *vignetarea*. Vignetarea este datorită unei întreite cauze: în primul rînd, din punctul C, deschiderea utilă a diafragmei este văzută după o suprafaţă eliptică, care este mai mică decît a cercului pupilei efective; în al doilea rînd, distanţa de la centrul diafragmei la punct este mai mare decît distanţa imagine (a') şi luminozitatea scade cu pătratul distanţei, iar în al treilea rînd, razele care sosesc în punctul C cad oblic; deci acţionează cu o intensitate mai mică decît în cazul unei raze incidente perpendiculare. Toate aceste cauze produc *vignetarea naturală*.

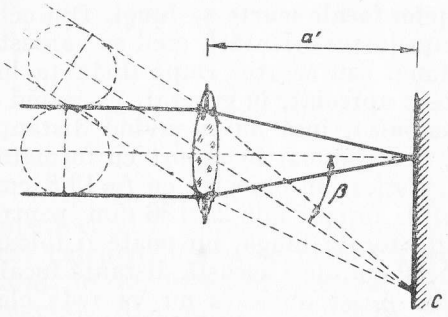


Fig. 34. Vignetarea naturală. Punctul C, a cărui rază principală face cu axa optică unghiul β, primeşte mai puţină lumină decît centrul imaginii.

În raport cu unghiul β (beta), dintre axa optică şi raza principală corespunzătoare punctului, variaţia iluminării în punctul respectiv este cea dată în tabela 2.

Iluminarea inegală a suprafeţei imaginii duce, de fapt, la inegala expunere a acesteia la fotografiere. Diferenţele sînt uşor acoperite de latitudinea de expunere a materialului fotografic. Sînt frecvente cazurile în care la colţurile de sus ale fotografiilor cerul pare mai întunecat decît în rest (de exemplu la formatul 6×6 cm cu f=7,5 cm; de aceea, aparatele moderne au adoptat, pentru acest format, f=8 cm). Diferenţa de iluminare apare, însă, mai vizibilă

Tabela 2

Valoarea iluminării unui punct în raport cu poziţia sa în imagine

β	Iluminare %	Pierderi %	β	Iluminare %	Pierderi %
0°	100	0	35°	45,0	55,0
5°	98,5	1,5	40°	34,4	65,6
10°	94,1	5,9	45°	25,0	75,0
15°	87,1	12,9	50°	17,0	83,0
20°	78,0	22,0	60°	6,0	94,0
25°	67,5	32,5	70°	1,4	98,6
30°	56,3	43,7			

la filmele în culori, a căror latitudine de expunere este mai mică şi la care se pot observa schimbări de nuanţe ale culorilor către margini şi, mai ales, către colţurile imaginilor.

Pentru formatul mic (24×36), în funcţie de distanţa focală a obiectivelor, scăderea iluminării la colţurile imaginii variază între 5 (f=135 mm) şi 44% (f=35 mm).

Afară de vignetarea naturală există şi o *vignetare artificială*, datorită unui defect de construcţie care provoacă redu-

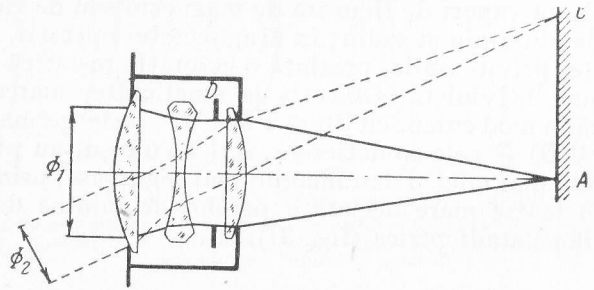


Fig. 35. Vignetarea artificială. Fasciculul de raze care formează imaginea punctului A are diametrul Φ_1, mai mare decît diametrul Φ_2 al fasciculului care dă imaginea punctului C. Se observă că în această montură nu este folosită nici întreaga deschidere a diafragmei.

cerea secţiunii normale a fasciculului de raze ce cad pe punctele dinspre marginea imaginii, prin acoperirea unei părţi din fascicul de către montura obiectivului (fig. 35). Acest lucru se produce mai ales la obiectivele superangulare

cu unghiuri de poză mari. Pentru a evita vignetarea naturală, obiectivele superangulare de calitate superioară au lentilele frontale şi cele posterioare cu diametre foarte mari şi cu monturi cu forme corespunzătoare. De exemplu, la obiectivul superangular *Grandagon* (fig. 49), diametrul liber al lentilei anterioare este de 70 mm, iar al celei posterioare, de 51 mm, distanţa focală fiind numai de 58 mm.

40. **Pierderi prin reflexii şi absorbţie.** La trecerea luminii prin obiective se pierde o importantă cantitate de lumină, atît prin absorbţie în masa de sticlă, cît şi prin reflexiile la fiecare trecere aer-sticlă, şi invers (pct. 10). Pierderile cele mai importante le suferă razele înclinate. Pierderile de lumină ating în total 8% la trecerea printr-o singură lentilă, 20% la trecerea printr-un obiectiv cu patru suprafeţe libere şi cresc la 46% pentru un obiectiv cu zece suprafeţe libere, pierzîndu-se o cantitate de lumină care, din punctul de vedere al expunerii, echivalează cu închiderea cu o treaptă a diafragmei. Pentru reducerea pierderilor se evită suprafeţele libere, adoptîndu-se sisteme cu lentile lipite, însă numărul suprafeţelor lipite nu poate depăşi anumite limite.

Un procedeu modern îl constituie *ameliorarea obiectivelor*, care constă în tratarea suprafeţelor lentilelor, în vid înaintat, cu vapori de fluorură de magneziu sau de fluorură dublă de aluminiu şi sodiu; în urma acestei operaţii, aceste suprafeţe, privite oblic, prezintă o coloraţie roşiatică-albăstruie pînă la violetă. Obiectivele ameliorate, marcate pe montură în mod curent cu litera T sau V — cele germane —, sau cu P(П) — cele sovietice —, scrisă cu roşu, au pierderi de lumină mai mici şi dau imagini mai viguroase, prin reducerea în foarte mare măsură a petelor de lumină datorite imaginilor catadioptrice (fig. 31).

TIPURI DE OBIECTIVE

41. **Orificiul.** Cel mai simplu obiectiv este cel care nu foloseşte nici o lentilă, deci simplul orificiu cu diametru mic.

Chiar la unghiuri de poză mai mari, imaginea obţinută cu un orificiu nu prezintă distorsiuni, iar desenul imaginii este destul de clar, dacă orificiul nu este prea mare (imagine nepunctuală) sau nu e prea mic (neclaritate, datorită difracţiei). Imaginea este, însă, puţin luminoasă, şi, de aceea, expunerile sînt foarte lungi.

Acest mijloc de obţinere a imaginii este foarte puţin folosit, şi numai în cazuri speciale.

42. **Monoclul.** Monoclul sau simpla lentilă convergentă (de obicei menisc pozitiv) este folosit ca obiectiv la apara-

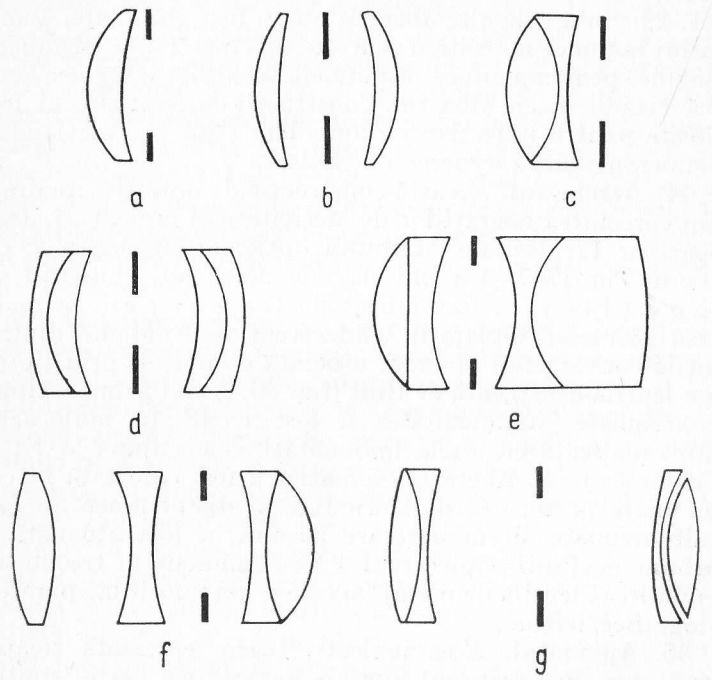


Fig. 36. Diferite tipuri de obiective simpli:
a — menisc pozitiv cu diafragma în spate; *b* — periscop; *c* — acromat; *d* — aplanat; *e* — antiplanet pentru grupuri; *f* — antiplanet pentru portrete; *g* — obiectiv Petzval.

tele foarte simple (fig. 36, *a*). Dă imagini destul de viguroase, dar aureolate (pct. 51), din cauza multiplelor aberaţii necorectate, ci reduse numai în parte printr-o diafragmare destul de puternică, absolut necesară pentru a putea obţine imagini care să poată fi folosite. Luminozitatea maximă nu depăşeşte 1 : 22. Acest obiectiv se foloseşte la aparate fotografice cu plăci pentru obţinerea de portrete cu aureolare, corectîndu-se punerea la punct ca la obiectivul periscop (pct. 43).

43. **Periscopul.** Acest obiectiv, construit în 1865 de A. Steinheil, este compus din două meniscuri pozitive, așezate simetric, cu părțile concave față în față (fig. 36, *b*) și având diafragma la mijlocul distanței dintre ele. Luminozitatea lui este circa 1 : 11. Este primul obiectiv din seria obiectivelor duble. Simetria îl face să fie lipsit de distorsiuni (pct. 29) însă celelalte aberații nu au fost eliminate. Punerea lui la punct necesită o scurtare de circa 2% a distanței-imagine pentru a aduce pe emulsia sensibilă imaginea actinică dată de razele albastre. Construcții de acest tip au fost folosite pentru obiective cu aureolare (WZ — Voigtländer) și superangulare (Hypergon — Zeiss).

44. **Acromatul.** Această construcție de obiectiv are drept scop corectarea aberațiilor de sfericitate și cromatică. Descoperirea lui trebuie atribuită opticianului englez D o l o n d, în 1757. Un obiectiv de acest fel, construit de C h e v a l i e r, a fost folosit de D a g u e r r e la realizarea primelor fotografii. Obiectivul se compune dintr-o lentilă convergentă de cron, asociată de obicei, prin lipire, cu o lentilă divergentă de flint (fig. 36, *c*). La primele tipuri de acromate, luminozitatea a fost 1 : 18. La noile acromate, realizate cu sticle îmbunătățite, s-a ajuns la 1 : 12 și chiar la 1 : 9. Aberația cromatică a fost corectată în cea mai mare parte, cea de sfericitate și distorsiunea au fost mult atenuate și, în oarecare măsură, a fost atenuată și curbura imaginii. Obiectivul a fost cunoscut în trecut sub denumirea „lentilă de peisaj" și este și azi folosit la aparatele fotografice ieftine.

45. **Aplanatul.** Acest obiectiv, care reprezintă treapta următoare în progresul opticii fotografice, este similar periscopului, însă este compus din două acromate (fig. 36, *d*). A fost realizat în 1866, de A. S t e i n h e i l, cu luminozitatea 1 : 7. La acest obiectiv s-au atenuat mult aberațiile, afară de astigmatism și de curbura imaginii. Fiecare dintre jumătățile aplanatului are o distanță focală dublă față de cea a obiectivului întreg, cum și o deschidere relativă redusă la jumătate. S-au construit garnituri de acromate astfel, încît prin combinația lor diferită să se poată obține mai multe aplanate. O astfel de garnitură a fost realizată de Busch.

46. **Antiplanetul.** Acest tip de obiectiv, conceput de A. S t e i n h e i l, aduce o mai bună corecție astigmatismului și curburii imaginii (în condițiile vechilor calități de sticlă). Plecînd de la aplanat, constructorul a adus corecții diferite celor două jumătăți, obținînd un obiectiv asimetric. În acest fel s-a ajuns la antiplanetul de atelier pentru fotografii de grupuri (fig. 36, *e*) și la cel pentru portrete (fig. 36, *f*).

47. **Obiectivul Petzval.** Unul dintre cele mai interesante obiective ale vechilor constructori, obiectivul *Petzval* (fig. 36, *g*), a fost realizat în 1840, de J. Petzval, ca obiectiv pentru portrete, cu o luminozitate de 1 : 3,2, excepțională pentru acel timp și, încă și azi, destul de mare. A fost realizat pe bază de calcule matematice (azi pierdute), spre deosebire de construcțiile anterioare, bazate mai mult pe încercări. Obiectivul de tip dublu — *dublet* — este caracterizat prin distanța mare dintre cele două elemente și prin separarea celor două lentile ale ultimului element. Principiul constructiv al acestui sistem a fost folosit la construcția obiectivelor duble.

48. **Anastigmatul.** Acest obiectiv a rezolvat în cel mai înalt grad problema reducerii aberațiilor la proporții imperceptibile. Acest lucru a putut fi realizat numai după ce, în anul 1886, Schott a creat, la Jena, o serie de noi sorturi de sticlă optică, cu indici de refracție care nu mai fuseseră obținuți pînă atunci. Ridicarea calitativă a sticlelor optice a continuat, tehnologia de fabricație a acestora îmbunătățindu-se, îndeosebi după 1944, cînd la fabricația sticlelor a început să se folosească diferiți oxizi (de lantan, toriu, tantal, cadmiu, zirconiu etc.). În acest fel, obiectivele obținute azi din elemente foarte variate, ca formă și calități de sticlă, răspund în cele mai bune condiții exigențelor fotografiei moderne, atît în alb-negru, cît mai ales ale celei în culori, atît ca vigurozitate a construcției imaginii și ca finețe a desenului, cît și în ce privește comportarea în toată gama cromatică a radiațiilor luminoase. Primul anastigmat, calculat de Dr. P. R u d o l p h, a fost construit în 1889, de Zeiss, și a fost cunoscut sub numele de *Protar* și *Dublu-Protar*, cu luminozitatea 1 : 6,3 (fig. 37, *a*). Cu acesta se deschide seria obiectivelor duble, care mult timp au fost cunoscute sub numele de *dublu anastigmate*. În 1892, după calculele lui E. v o n H ö e g h, Goerz construiește obiectivul perfect simetric *Dagor*, cu luminozitatea 1 : 6,8 (fig. 37, *b*). Pe lîngă aceste tipuri de dublete cu lentile lipite, în anul 1900 apar dublete cu lentile separate (fig. 38), cunoscute sub numele de *Dialyte* (*Dogmar*-Goerz; *Unofocal*-Steinheil; *Aristostigmat*-Meyer). Din acestea derivă

obiectivele numite de tip Gauss, cu cel puțin una dintre lentilele extreme sub formă de menisc (fig. 39). Acest tip a fost folosit foarte mult în decursul timpului ca schemă de realizare a obiectivelor fotografice, pînă la cele mai moderne. Lentilele care constituie elementele obiectivului au fost

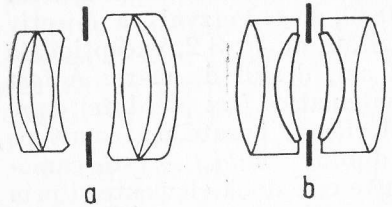


Fig. 37. Anastigmate duble, cu elementele din lentile lipite:
a — *Dublu-Protar* (Zeiss); *b* — *Dagor* (Goerz).

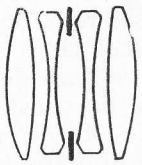


Fig. 38. Dialyte (obiective dublete cu lentile separate).

așezate în diferite variante și au fost realizate prin lipirea mai multor lentile cu indici de refracție anume aleși, realizîndu-se sisteme optice cu cele mai bune corecții optice și

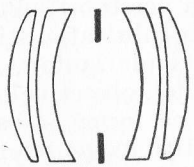


Fig. 39. Obiectiv tip *Gauss*.

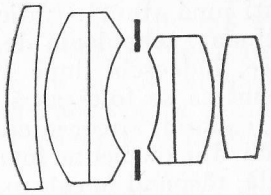


Fig. 40. Obiectiv tip *Biotar*.

cu luminozități pînă la 1 : 2 și chiar 1 : 1,4. De acest tip sînt *Plasmat*-ele, calculate de Dr. P. Rudolph, (1920); *Biotarul* (1 : 1,4), construit în 1930 de Zeiss (fig. 40), care este o dezvoltare a obiectivului *Planar* (calcul tot de Dr. P. Rudolph) și obiectivele mai recente *Flexon* (1 : 2; *f*=50); *Biometar* (1 : 2,8; *f*=80 și 1 : 2,8; *f*=35 ca obiectiv superangular), cu schema din fig. 41, și *Helios* (1 : 2; *f*=58), de fabricație sovietică.

Afară de anastigmatul tip dublet și de variantele acestuia, s-au mai construit și tipuri asimetrice de obiective. Astfel, din 1894 se cunoaște un *triplet* calculat de H. D. Taylor (numit *lentila Cooke*). Acest tip de obiectiv (fig. 42),

mult îmbunătățit prin noi calități de sticlă, se folosește și azi, cu luminozități care au ajuns la 1 : 3,5 sau chiar la 1 : 2,8 (*Triotar* — Zeiss; *Cassar* — Steinheil; *Trioplan* — Mayer; *Voigtar* — Voigtländer). Acest tip de obiectiv se caracterizează prin faptul că punerea la punct se poate face și prin deplasarea ușoară a lentilei frontale, restul obiectivului rămînînd fix (metoda influențează, însă, negativ, calitatea imaginii).

Din tripletul simplu a derivat tripletul cu lentila din spate constituită din asocierea prin lipire a unei lentile convergente cu una divergentă, și anume tripletul cu patru lentile. Reprezentantul cel mai cunoscut al acestui tip de obiectiv (fig. 43) este *Tessar*-ul, calculat de creatorul a numeroase obiective de înaltă calitate — Dr. P. Rudolph — și construit în 1902 de Zeiss, cu luminozitatea de 1 : 6,3 care astăzi a ajuns, prin îmbunătățiri succesive, la 1 : 2,8. Ultima formă, după 1947, prezintă cea mai bună corecție a aberației sferice și a astigmatismului și o redare îmbunătățită a imaginii (finețe de desen și claritate) pînă la margine. Obiectivul se caracterizează printr-un desen

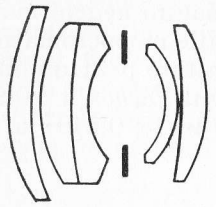


Fig. 41. Obiectiv tip *Biometar*.

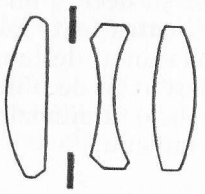


Fig. 42. Obiectiv anastigmat *triplet*.

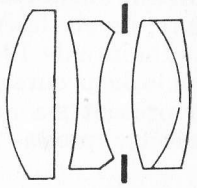


Fig. 43. Obiectiv tip *Tessar*.

foarte precis, ceea ce îl indică la formatele care necesită măriri importante. De tipul Tessar-ului sînt și obiectivele *Industar* (sovietic), *Skopar* (Voigtländer), *Xenar* (Schneider), *Anticomar* (Plaubel), *Primotar* (Mayer), *Meritar* (Ludwig), *Elmar* (Leitz) etc.

În același timp cu Tassar-ul (1902) a apărut și obiectivul *Heliar* (fig. 44); calculat de H. Harting și realizat de Voigtländer, care deschide calea unor noi tipuri de obiective — triplete cu cinci lentile —, deoarece la acest obiectiv și elementul din față este realizat din două lentile. Acest obiectiv, cu toată precizia desenului, dă o conturare carac-

teristică a imaginii, producînd un efect artistic, ceea ce îl face foarte indicat pentru peisaje și portrete.

Prin dedublarea unor elemente ale tripletului s-a ajuns să se creeze astăzi numeroase obiective cu calități deosebite. Astfel sînt obiectivele *Jupiter* (fig. 45) și *Helios* (sovietice),

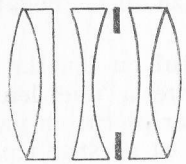


Fig. 44. Obiectiv *Heliar*.

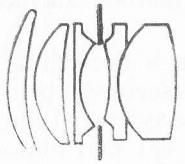


Fig. 45. Obiectiv *Jupiter*.

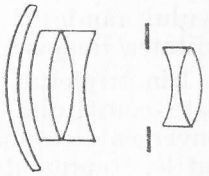


Fig. 46. Unul dintre obiectivele *Sonnar*.

Primoplan (Mayer), *Hektor* (Leitz) și *Sonnar*-ele construite de Zeiss cu luminozități pînă la 1 : 1,5 (fig. 46), care se caracterizează prin mărimea foarte accentuată a unuia din intervalele dintre elementele obiectivului. Variantele obiectivelor moderne sînt foarte numeroase în raport cu soluțiile adoptate de calculatori pentru obținerea celor mai bune corecții ale aberațiilor și, deci, a unor imagini nedeformate, clare, precis desenate pentru toate radiațiile monocromatice.

Înainte de 1940, maximul de luminozitate pentru obiectivele de uz curent a fost atins de obiectivul *Tachon* 1 : 0,95. În prezent s-a ajuns la o luminozitate de 1 : 0,519 la un obiectiv produs în Japonia.

OBIECTIVE SPECIALE

49. **Obiectivul superangular.** Unul dintre obiectivele speciale mai des întîlnit este *obiectivul superangular*, care capătă construcții speciale, din cauza necesității de a avea un unghi de poză cît mai mare. Afară de obiectivul mai vechi *Topogon* (fig. 47), cu unghiul de poză de 83°, creat de Zeiss în 1935 și folosit mult la fotografia aeriană, se poate aminti obiectivul sovietic *Jupiter 12* (1 : 2,8; f=35 mm). Pînă pe la 1940 nu existau superangulare pentru aparatele reflex, din cauză că distanța focală a acestora fiind mică, nu era posibil să se intercaleze între obiectiv și emulsia sensibilă oglinda înclinată a aparatului. Noile calități de sticlă apărute între timp au permis să se creeze obiective superangulare cu *extensiune mărită*. Extensiunea pentru infinit fiind

mult mai mare decît distanța focală permite îndepărtarea obiectivului de emulsia sensibilă și, deci, introducerea oglinzii înclinate. În principiu, problema a fost rezolvată prin introducerea în sistemul optic a unui element cu acțiune convergentă, astfel încît planul principal h' să fie situat în spațiul-imagine, cît mai departe de lentilă.

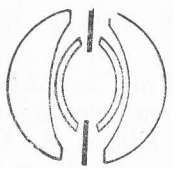


Fig. 47. Obiectivul superangular *Topogon*.

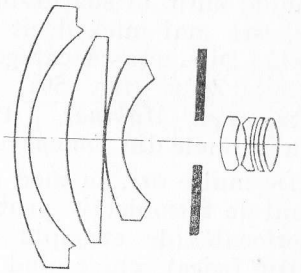


Fig. 48. Obiectivul *Flektogon* 1 : 4; f=25 mm).

Aceste obiective se numesc *retrofocale*. Din această categorie fac parte, printre altele, obiectivele *Flektogon* — Zeiss (1 : 2,8 și 1 : 4) (fig. 48), și *Primagon* — Mayer (1 : 4,5), ambele cu un unghi de poză de circa 63°, precum și obiectivul *Grandagon*, cu unghiul de poză de 100°, f=5,8 cm, pentru format 6×9 (fig. 49).

La construcția obiectivelor superangulare apar dificultăți pentru asigurarea unei corecții bune, în special pentru zonele de margini ale imaginii, precum și pentru evitarea

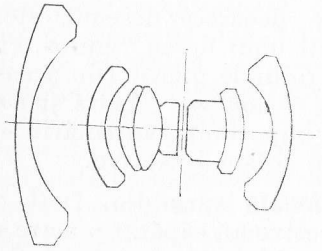


Fig. 49. Obiectivul *Grandagon* (1 : 5,6; f=58 mm) pentru formatul 6×9 cm.

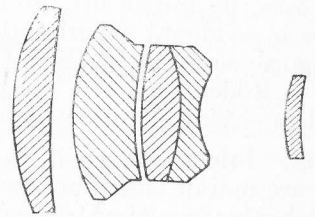


Fig. 50. Teleobiectiv *Cardinar* (1 : 4; f=100 mm).

interceptării fasciculelor de către montura obiectivului. Aceasta explică luminozitatea mai mică, îndeosebi pentru unghiuri de poză mari.

teristică a imaginii, producînd un efect artistic, ceea ce îl face foarte indicat pentru peisaje şi portrete.

Prin dedublarea unor elemente ale tripletului s-a ajuns să se creeze astăzi numeroase obiective cu calităţi deosebite. Astfel sînt obiectivele *Jupiter* (fig. 45) şi *Helios* (sovietice),

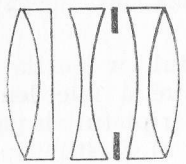


Fig. 44. Obiectiv *Heliar*.

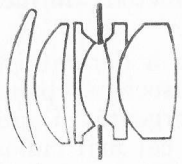


Fig. 45. Obiectiv *Jupiter*.

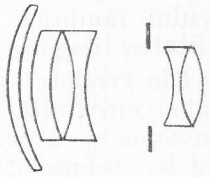


Fig. 46. Unul dintre obiectivele *Sonnar*.

Primoplan (Mayer), *Hektor* (Leitz) şi *Sonnar*-ele construite de Zeiss cu luminozităţi pînă la 1 : 1,5 (fig. 46), care se caracterizează prin mărimea foarte accentuată a unuia din intervalele dintre elementele obiectivului. Variantele obiectivelor moderne sînt foarte numeroase în raport cu soluţiile adoptate de calculatori pentru obţinerea celor mai bune corecţii ale aberaţiilor şi, deci, a unor imagini nedeformate, clare, precis desenate pentru toate radiaţiile monocromatice.

Înainte de 1940, maximul de luminozitate pentru obiectivele de uz curent a fost atins de obiectivul *Tachon* 1 : 0,95. În prezent s-a ajuns la o luminozitate de 1 : 0,519 la un obiectiv produs în Japonia.

OBIECTIVE SPECIALE

49. **Obiectivul superangular.** Unul dintre obiectivele speciale mai des întîlnit este *obiectivul superangular*, care capătă construcţii speciale, din cauza necesităţii de a avea un unghi de poză cît mai mare. Afară de obiectivul mai vechi *Topogon* (fig. 47), cu unghiul de poză de 83°, creat de Zeiss în 1935 şi folosit mult la fotografia aeriană, se poate aminti obiectivul sovietic *Jupiter 12* (1 : 2,8; f=35 mm). Pînă pe la 1940 nu existau superangulare pentru aparatele reflex, din cauză că distanţa focală a acestora fiind mică, nu era posibil să se intercaleze între obiectiv şi emulsia sensibilă oglinda înclinată a aparatului. Noile calităţi de sticlă apărute între timp au permis să se creeze obiective superangulare cu *extensiune mărită*. Extensiunea pentru infinit fiind

mult mai mare decît distanţa focală permite îndepărtarea obiectivului de emulsia sensibilă şi, deci, introducerea oglinzii înclinate. În principiu, problema a fost rezolvată prin introducerea în sistemul optic a unui element cu acţiune convergentă, astfel încît planul principal h' să fie situat în spaţiul-imagine, cît mai departe de lentilă.

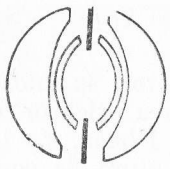


Fig. 47. Obiectivul superangular *Topogon*.

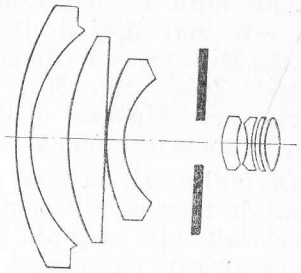


Fig. 48. Obiectivul *Flektogon* 1 : 4; f=25 mm).

Aceste obiective se numesc *retrofocale*. Din această categorie fac parte, printre altele, obiectivele *Flektogon* — Zeiss (1 : 2,8 şi 1 : 4) (fig. 48), şi *Primagon* — Mayer (1 : 4,5), ambele cu un unghi de poză de circa 63°, precum şi obiectivul *Grandagon*, cu unghiul de poză de 100°, f=5,8 cm, pentru format 6×9 (fig. 49).

La construcţia obiectivelor superangulare apar dificultăţi pentru asigurarea unei corecţii bune, în special pentru zonele de margini ale imaginii, precum şi pentru evitarea

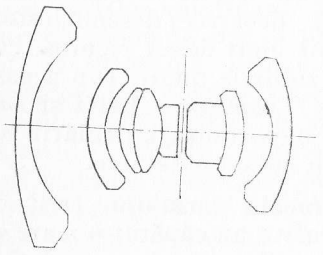


Fig. 49. Obiectivul *Grandagon* (1 : 5,6; f=58 mm) pentru formatul 6×9 cm.

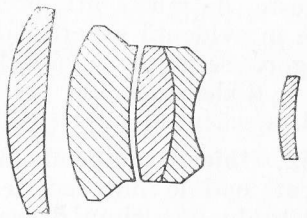


Fig. 50. Teleobiectiv *Cardinar* (1 : 4; f=100 mm).

interceptării fasciculelor de către montura obiectivului. Aceasta explică luminozitatea mai mică, îndeosebi pentru unghiuri de poză mari.

50. **Teleobiectivele.** Teleobiectivele sînt obiectivele speciale de tip superfocal, dar la care, pentru a se scurta lungimea monturii, s-a adoptat un procedeu invers față de cel folosit la obiectivele retrofocale, adăugîndu-se sistemului optic o lentilă divergentă, care deplasează planul principal-imagine mult în spațiul-obiect. Extensiunea acestor obiective este mai mică decît cea normală pentru distanța lor focală. Din această categorie se pot cita obiectivele *Cardinar* — Zeiss (fig. 50), *Tele - Megor* — Mayer, *Telyt* — Leitz, *Tele-Makinar* — Plaubel, *Tele-Xenar* — Schneider și chiar unele din *Sonnar*-ele Zeiss.

De multe ori, în mod necorespunzător, se folosește termenul de teleobiectiv pentru desemnarea oricăror obiective superfocale (de exemplu *Hektor* sau *Elmar*, f=13,5 cm, pentru Leica), chiar cînd nu sînt de tipul de construcție specific teleobiectivelor.

51. **Obiectivele de aureolare.** Aceste obiective sînt astfel construite, încît să dea imagini cu contururi ușor difuze. De fapt, imaginea dată de aceste obiective este compusă din cea obținută cu fasciculul de raze centrale, cu un desen precis, peste care se suprapune imaginea dată de razele marginale, pentru care nu s-au făcut toate corecțiile și care dau o imagine estompată (neclară). În acest fel se obține o aureolare a desenului precis al primei imagini, luminile difuzînd în zonele vecine mai întunecate. Gradul de aureolare diminuează pe măsură ce prin diafragmare se elimină influența razelor marginale. Aceste obiective sînt folosite aproape exclusiv pentru portrete, deoarece desenul estompat este, de multe ori, preferabil unui desen riguros, care pune în evidență asperitățile și ridurile pielii. Din această categorie se amintesc obiectivele *Thambar* — Leitz și *Imagon* — Rodenstock. În prezent, importanța aureolării scăzînd, a scăzut și interesul pentru aceste obiective.

52. **Obiectivele cu distanță focală variabilă.** Deși cunoscute mai de mult, aceste obiective au căpătat o mare extindere abia în ultimul deceniu, fiind folosite, în primul rînd, în cinematografie și, în oarecare măsură, și în fotografia pe format mic. La aceste obiective, prin manevrarea unui inel (sau a unei pîrghii) al monturii se variază în mod *continuu* distanța focală în limite care nu depășesc raportul 1 : 4. În acest fel, același obiectiv poate servi ca obiectiv superangular, normal și ușor superfocal. Aceste obiective sînt

compuse din trei grupe de elemente, și anume cele extreme sînt fixe, iar cea intermediară este mobilă, deplasarea acesteia provocînd variația distanței focale (v. observația la exemplul 8, pct. 22). Problema dificilă a construcției obiectivelor cu distanță focală variabilă constă în faptul că,

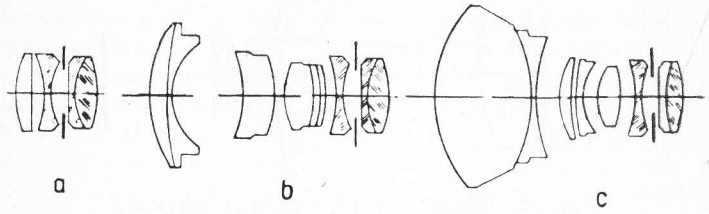


Fig. 51. Obiectiv cu distanța focală multiplă, prin folosirea de elemente interschimbabile (partea haşurată este partea fixă):
a — cu distanța focală de 35 mm; *b* — cu distanța focală de 50 mm; *c* — cu distanța focală de 85 mm.

pentru o aceeași punere la punct, trebuie să se mențină aceeași extensiune, oricum ar varia distanța focală și să păstreze în cursul acestei variații aceeași deschidere relativă (diafragmă). Se pot aminti, din această categorie, obiectivele: *Voigtländer-Zoomar* 1 : 2,8 (f=36...82 mm) *Pentovar* (f=30...120 mm).

53. **Obiectivele cu distanță focală multiplă.** La acest tip de obiective se poate modifica distanța focală prin schimbarea părților anterioare. Aceste obiective constau dintr-un grup de elemente fixe și un grup interschimbabil care permite să se obțină, prin montarea grupului anterior corespunzător, un obiectiv superangular, unul normal sau unul suprafocal. Un astfel de obiectiv (fig. 51) este folosit la aparatul Contaflex. Adoptarea unor astfel de obiective este justificată de necesitatea de a putea folosi același obturator central pentru toate distanțele focale; tipul acesta de obturator e mai avantajos la fotografierea cu lămpi fulger.

54. **Obiectivele cu oglindă.** Aceste obiective au distanța focală foarte lungă și, pentru a se scurta sensibil montura, se adoptă un traseu în zig-zag al razelor. La acest fel de obiective este îndepărtat în cea mai mare măsură efectul dispersiei luminii, deoarece la reflexii nu apar aberații cromatice. Din această categorie fac parte obiectivele sovie-

tice MTO-500 (fig. 52) și MTO-1 000 (f=100 cm, lungimea circa 25 cm) și obiectivul cu oglindă Zeiss (1 : 4; f=50 cm), avînd o lungime de 43% din distanța focală.

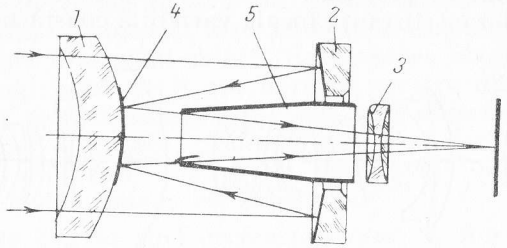


Fig. 52. Teleobiectivul cu oglindă MTO-500:
1 — lentilă frontală; *2* — oglindă concavă; *3* — element din lentile lipite; *4* — oglindă sferică convexă; *5* — tub conic care înlocuiește diafragma.

ÎNGRIJIREA OBIECTIVELOR

Obiectivele sînt elemente foarte sensibile și, de aceea, trebuie să li se asigure îngrijirea corespunzătoare. În tot timpul cît nu se fotografiază, ele trebuie să fie protejate cu un capac care să acopere lentila frontală. Se vor prefera capacele fără pluș, deoarece acesta constituie un depozit de praf. Cînd obiectivele sînt demontate de la aparat trebuie să li se monteze un capac de protecție în partea posterioară, pentru a împiedica pătrunderea prafului în montură. Obiectivele interschimbabile trebuie să fie păstrate în tocurile sau în poșetele lor de piele ori în cutiile de metal sau de material plastic în care sînt livrate.

Loviturile sînt foarte dăunătoare, nu numai prin deteriorarea monturii sau spargerea lentilelor, deoarece chiar cele mai ușoare lovituri pot provoca descentrarea lentilelor, astfel încît obiectivul nu mai poate fi folosit.

Obiectivele nu trebuie să fie supuse la temperaturi înalte, de exemplu să nu fie ținute la acțiunea directă a razelor solare timp îndelungat (în vitrine bătute de soare), deoarece pot produce fisuri în balsamul de Canada cu care sînt lipite lentilele, cum și deplasări din cauza dilatațiilor inegale. Obiectivele vor fi ferite de asemenea de praf și de acțiunea substanțelor chimice. În acest scop se va da o deosebită atenție la protecția obiectivelor pe plaje sau în medii cu praf (procese de producție cu degajări de pulberi fine — ciment, var) și nici nu se vor ține în medii cu degajări de gaze, care le-ar putea ataca. Obiectivele nu se păstrează în laboratorul în care se execută lucrări fotografice și nici în încăperi cu umezeală mare.

Curățirea suprafeței obiectivelor nu trebuie făcută prin ștergeri prea dese. Se vor feri suprafețele lentilelor de atingerea cu degetul sau cu corpuri care să lase urme grase. Aceste urme se îndepărtează cu ajutorul unui tampon de vată îmbibat cu alcool (sau cu eter) și bine stors, cu care se trece ușor pe suprafața lentilelor, avînd grijă să nu rămînă alcool în exces, care să se scurgă spre marginile lentilelor și să dizolve balsamul de Canada. Praful de pe suprafața lentilelor va fi îndepărtat cu ajutorul unei pensule cu fire lungi, moi, degresate. Foarte rar și numai în caz de necesitate se vor șterge lentilele cu o bucată curată de pînză de bumbac, fiartă și spălată de multe ori, sau cu o bucată de piele de căprioară moale și foarte curată. Curățirea obiectivului se va face prin ștergere ușoară. Suprafața lentilelor nu trebuie frecată cu astfel de pînză și, mai ales, cu piele de căprioară, deoarece firele de praf, foarte fine, prinse pe aceste mijloace de curățire, vor produce zgîrieturi pe luciul suprafețelor lentilelor.

În același mod trebuie întreținute și suprafețele lentilelor adiționale, ale ecranelor și ale filtrelor.

IV. PUNEREA LA PUNCT

PUNEREA LA PUNCT A IMAGINII ȘI CONDIȚIILE DE CLARITATE

55. **Operația de punere la punct.** Prin deplasarea corespunzătoare a obiectivului în raport cu suprafața emulsiei sensibile se poate varia mărimea distanței-imagine a' (fig. 53), astfel încît aceasta să corespundă unei anumite distanțe-subiect a. Toate punctele cuprinse în planul perpendicular PS pe axa optică la această distanță a vor avea imaginile cuprinse în planul PI, de asemenea perpendicular

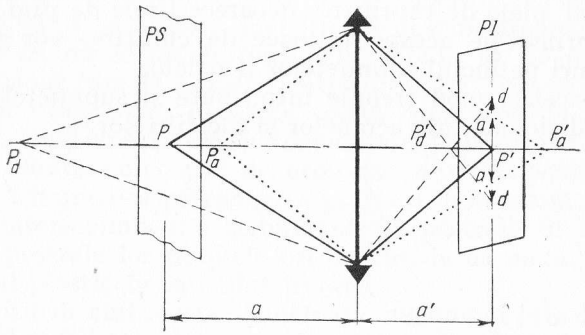


Fig. 53. Punerea la punct a aparatului fotografic pe distanța a și mărimea sub care apar imaginile punctelor situate în afara planului de punere la punct:
a — distanța de punere la punct (distanța-obiect); a' — extensiunea aparatului (distanța-imagine); PS — planul-subiect; PI — planul-imagine; P_a — punct apropiat; P_d — punct depărtat; aa — diametrul cercului de difuziune a imaginii punctului apropiat; dd — diametrul cercului de difuziune a imaginii punctului depărtat.

pe axa optică, la distanța a'. Se spune că, prin această deplasare a obiectivului, aparatul fotografic a fost pus la punct pe distanța a.

Subiectul fotografiat, cu rare excepții, nu cuprinde numai puncte aflate în planul PS, ci și puncte aflate înaintea

acestui plan (P_a) și înapoia acestui plan (P_d). Acestea nu vor avea imaginile în planul PI, ci mai depărtate (P'_a) sau mai apropiate (P'_d) de obiectiv. Rezultă că în planul PI ele nu vor avea o imagine punctuală, ci vor apărea pete circulare, deoarece imaginea punctuală nu se poate obține decît în punctul de convergență al fasciculului de raze care constituie imaginea. În orice altă poziție, fasciculul desenează o pată circulară al cărei diametru îl notăm cu z. În fig. 53 se observă că, în planul-imagine PI, punctul P_a va apărea ca o pată cu diametrul aa, iar punctul P_d, ca o pată cu diametrul dd.

Dacă am varia distanța a', de exemplu astfel încît să aducem planul imaginii în P'_a, atunci imaginea punctului P_a va fi precisă; în schimb va apărea ca o pată imaginea punctului P, iar cea a punctului P_d va avea o neclaritate și mai mare. *Rezultă că pe emulsia sensibilă nu pot fi redate cu claritate decît numai punctele situate într-un singur plan.* Punctele situate în alte plane vor apărea neclare. Aceasta e realitatea și totuși se obțin fotografii în care subiecte cu o adîncime relativ mare sînt redate cu destulă claritate.

Acest lucru se datorește imperfecțiunii organului nostru de vedere — ochiul.

56. **Puterea de separație vizuală.** Ochiul are o anumită limită în ce privește *puterea de separație*. El poate distinge ca separate două linii subțiri paralele, numai pînă la o anumită distanță, în raport cu distanța dintre linii. Dincolo de această distanță limită, ochiul nu mai poate să le distingă separat, ci le confundă într-una singură. La fel, o pată circulară apare ca o pată de un anumit diametru pînă la o anumită distanță, în raport cu diametrul ei, după care pata apare ochiului ca un punct.

Un ochi cu bună vizibilitate poate distinge separat două linii paralele, distanțate între ele cu 3 mm, de la o distanță maximă de 10 m, ceea ce înseamnă că, la limită, poate sezisa ca distincte două elemente vecine, dacă distanța dintre ele este $\frac{1}{3333}$ din distanța de la care sînt privite. După de un alt mod de exprimare a puterii de separație a ochiului, acesta poate distinge punctele de la care razele vizuale care converg în ochi fac un unghi de cel puțin un minut de arc. Dacă unghiul este mai mic, cele două raze sînt văzute ca una singură, iar punctele de unde provin sînt confundate.

La distanța normală de privire, care este de 25—30 cm, distanța limită dintre două puncte care apar distincte este, deci, de aproximativ $\frac{1}{13}$ mm (0,075 mm) pînă la $\frac{1}{11}$ mm (0,09 mm). În general se consideră ca limită a puterii de separație a ochiului omenesc $\frac{1}{10}$ mm (0,1 mm). De exemplu, un hașur făcut cu o mașină specială, cu linii la distanța de $\frac{1}{20}$ mm, este perceput ca o pată, iar o tramă de puncte mai apropiate decît limita puterii de separație ne apare ca o suprafață de tonalitate corespunzătoare desimii punctelor.

De notat că și obiectivele au o limită a puterii de separație (din cauza abaterilor), ele putînd să redea cu claritate un număr de linii paralele, pe milimetru, mult mai mare (de exemplu obiectivul Helios 44, la diafragma maximă, în mijlocul imaginii, poate reda distinct 36 de linii pe milimetru).

57. **Neclaritatea admisibilă.** Punctele subiectului situate în afara planului de punere la punct (pct. 55) sînt reprezentate în planul-imagine prin pete circulare de diferite mărimi. *Atît timp cît aceste pete sînt mai mici decît limita puterii de separație a ochiului, ele vor fi văzute ca puncte, iar imaginea punctelor-subiect la care corespund va apare privirii perfect clară.* Punctele subiectului ale căror imagini nu întrunesc această condiție vor apărea neclare (punctele ca pete, liniile ca benzi) cu atît mai mult, cu cît mărimea diametrului z al petelor va fi mai mare.

Afară de abaterea de poziție a diferitelor puncte ale subiectului față de planul de punere la punct, mai sînt și alte cauze ale neclarității imaginii fotografice, deoarece ea este influențată de: difracția luminii prin pupila diafragmei, rămășițele de aberații ale obiectivului (corecții incomplete) și calitățile materialului negativ și pozitiv. În condițiile fotografiei moderne acestea au o mică importanță.

Se pune problema: care este *neclaritatea admisibilă*, adică toleranța ce poate fi admisă, astfel încît la privirea fotografiei, imaginea să ne apară totuși clară. Neclaritatea admisibilă se exprimă prin diametrul z al *cercului de difuziune* rezultat din secțiunea fasciculului de raze care constituie imaginea punctelor prin planul imaginii ce nu trece prin punctul de convergență al acestui fascicul.

Dacă o fotografie este destinată să fie privită direct în copie, atunci neclaritatea admisibilă poate fi $z = \frac{1}{10} = 0{,}1$ mm. În cazul formatelor medii, cînd imaginile obținute pe negativ sînt mărite, claritatea imaginii trebuie să fie mai riguroasă, pentru că prin mărire neclaritatea din negativ este mărită. Se admite, în acest caz, $z = \frac{1}{20} = 0{,}05$ mm sau $z = \frac{1}{30} = 0{,}033$ mm. Se obișnuiește să se exprime neclaritatea admisibilă și ca fracțiune a distanței focale. În general se poate adopta:

$$\left.\begin{array}{l} \text{pentru formatul mic } (24 \times 36 \text{ mm}) \quad z = \frac{1}{20} \text{ mm} \\ \text{pentru formatul mediu } (6 \times 6 \text{ sau } 6 \times 9 \text{ cm}) \quad z = \frac{1}{20} \text{ mm} \\ \text{pentru formate medii } (9 \times 12 \text{ cm și mai mari}) \quad z = \frac{1}{10} \text{ mm} \end{array}\right\} \text{ sau } z = \frac{f}{1500} \ldots \frac{f}{2000}$$

Asigurarea unor neclarități în limitele admisibile pentru zonele care trebuie să fie clare în imaginea subiectelor fotografiate este cea de-a doua sarcină a punerii la punct.

PROFUNZIMEA ȘI DETERMINAREA EI

58. **Cîmpul redat clar.** Într-o imagine apar clare punctele corespunzătoare planului pentru care s-a pus la punct (claritate rezultată din rigurozitatea desenului) și cele pentru care diametrele cercurilor de difuziune sînt sub neclaritatea admisibilă (claritate datorită imperfecțiunii ochiului). Rezultă că va apărea clar un anumit cîmp a cărui adîncime se găsește parțial în fața planului de punere la punct, iar parțial în spatele acestui plan (fig. 54). *Adîncimea (profunzimea) cîmpului redat clar* este numită pe scurt *profunzime*. Ea are două zone: *profunzimea anterioară* (de la planul de punere la punct spre aparat) și *profunzimea posterioară* (de la planul de punere la punct către depărtare). Mărimea celor două zone nu este identică. În mod obișnuit se admite cu aproximație că există între ele următorul raport (în domeniul fotografiei curente):

$$\frac{\text{zona posterioară}}{\text{zona anterioară}} = 2.$$

Raportul dat nu este constant, ci variază cu diafragma și cu scara de redare a imaginii $\left(\frac{1}{m}\right)$, tinzînd către valoarea 1, cînd imaginea crește și tinde spre mărimea naturală a su-

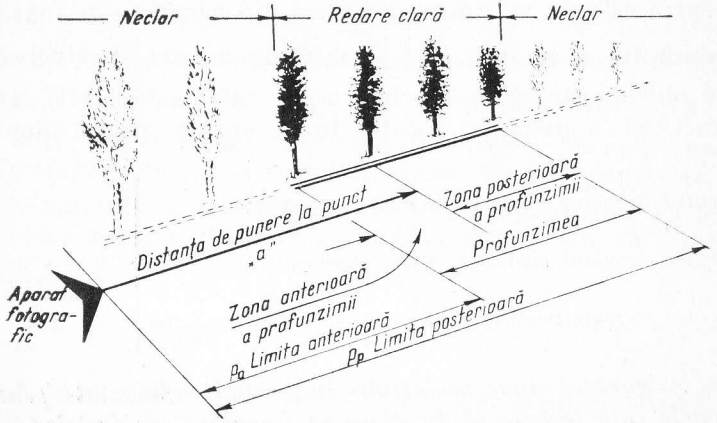


Fig. 54. Profunzimea și zonele ei în raport cu o anumită distanță de punere la punct.

biectului. Aceasta înseamnă că, practic, planul de punere la punct are o poziție care variază între jumătatea profunzimii și treimea ei anterioară.

59. **Mărimea profunzimii.** Mărimea profunzimii depinde de următorii factori:

a) *Calitatea optică a obiectivului fotografic.* În general, obiectivele al căror desen este mai puțin tăios dau imagini la care profunzimea *apare* pe o întindere mai mare.

b) *Neclaritatea admisibilă.* Cu cît diametrul cercului de difuziune este mai mare, cu atît în zona clară poate cuprinde plane mai depărtate de cel al punerii la punct și deci profunzimea este mai mare.

c) *Distanța de punere la punct.* Cu cît aparatul fotografic este pus la punct pe o distanță mai mare, cu atît și profunzimea este mai mare, deoarece o aceeași diferență de poziție pe axa optică a imaginii corespunde la variații mult mai mari de adîncime în cîmpul-obiect, pentru subiectele depărtate, decît pentru cele apropiate.

d) *Distanța focală a obiectivului.* Cu cît distanța focală folosită este mai mică, cu atît profunzimea este mai mare,

deoarece pentru o aceeași diferență de adîncime în cîmpul-obiect, distanțele focale mici dau variații mai mici în poziția imaginilor pe axa optică.

e) *Diafragma.* Cu cît diafragma D este mai închisă, cu atît și profunzimea este mai mare, deoarece conicitatea fasciculului de raze care construiește imaginea punctelor este mai strînsă.

Influența factorilor arătați trebuie să fie reținută și folosită permanent de fotografi.

Limitele anterioară (p_a) și posterioară (p_p) ale profunzimii se pot exprima prin formula:

$$\left.\begin{matrix} p_a \\ p_p \end{matrix}\right| = \frac{a}{1 \pm \frac{zD(a-f)}{f^2}}.$$

Exemplul 12. Un obiectiv cu distanța focală de 8 cm este pus la punct pe distanța de 10 cm cu o diafragmă 11. Neclaritatea admisibilă fiind $\frac{1}{20}$ mm, să se calculeze limitele profunzimii.

Avem

$$f=8 \text{ cm};\ a=10 \text{ m}=1\,000 \text{ cm};$$

$$z=0{,}05 \text{ mm}=0{,}005 \text{ cm};\ D=11.$$

$$\left.\begin{matrix} p_a \\ p_p \end{matrix}\right| = \frac{1\,000}{1 \pm \frac{0{,}005 \times 11(1000-8)}{8 \times 8}} = \frac{1\,000}{1 \pm \frac{54{,}56}{64}} = \frac{1000}{1 \pm 0{,}853} = \begin{cases} 539 \text{ cm} \\ 6\,800 \text{ cm} \end{cases}$$

Profunzimea începe la 5,40 m și se termină la 68 m.

Practic, în caz de necesitate, calculul se efectuează mai ușor, după cum se va arăta în cele ce urmează.

60. **Punerea la punct pe infinit.** Cînd aparatul fotografic este pus la punct pe infinit ($a'=f$), adică obiectivul ocupă poziția cea mai apropiată de emulsia sensibilă, profunzimea posterioară se pierde, deoarece nu poate exista spațiu-obiect dincolo de infinit. În acest caz se folosește numai profunzimea anterioară (fig. 55, *1*), care se întinde din depărtare pînă la o anumită distanță de obiectiv (H).

Această distanță este numită *distanța hiperfocală* și poate fi ușor calculată cu relația:

$$\boxed{H=\frac{f^2}{zD}} \text{ sau, pentru } z=\frac{f}{q}, \quad \boxed{H=\frac{fq}{D}}$$

în care q reprezintă a cîta parte din distanța focală este diametrul cercului de difuziune.

În tabela 3 se dau valorile aproximative ale distanței hiperfocale H pentru cazul în care neclaritatea admisibilă este fie a zecea parte din milimetru (z_1=0,1 mm), fie a mia parte din distanța focală (z_2=0,001 f). Dacă z are alte

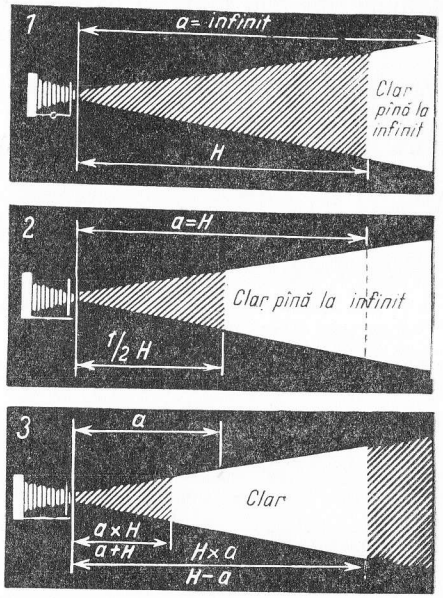


Fig. 55. Profunzimea în diferite cazuri de punere la punct:
1 — punerea la punct pe infinit; *2* — punerea la punct pe distanța hiperfocală; *3* — punerea la punct pe o distanță oarecare.

valori, distanțele H date în tabelă se înmulțesc cu proporția în care a crescut rigurozitatea neclarității admisibile față de cea avută în vedere la întocmirea tabelei (de exemplu: pentru $\frac{1}{30}$ mm se înmulțește cu 3; pentru $\frac{f}{1\,500}$ se înmulțește cu 1,5).

Exemplul 13. Care este distanța hiperfocală pentru f=8 cm și diafragma D=5,6, pentru $z=\frac{1}{30}$ mm? Dar pentru $z=\frac{f}{1\,800}$?

Din tabela 3, pentru $z=\frac{1}{10}$ mm corespunde H=11,4 m.

Pentru $z=\frac{1}{30}=\frac{1}{3\times10}$ mm se obține
H=11,4×3=34,2 m.

Tabela 3

Distanțele hiperfocale, în metri, pentru diferite diafragme și distanțe focale

Valori aproximative pentru z_1=0,1 mm și z_2=0,001 f.

Diafragma	4		5,6		8		11		16		22	
Distanța focală, cm	z_1	z_2	z_1	z_2	z_1	z_2	z_1	z_2	z_1	z_2	z_1	z_2
3,5	3,0	8,8	2,2	6,3	1,5	4,4	1,1	3,2	0,8	2,2	0,5	1,6
5,0	6,3	12,5	4,3	8,9	3,1	6,3	2,3	4,5	1,6	3,1	1,2	2,3
6,0	9,0	15,0	6,4	10,7	4,5	7,5	3,3	5,5	2,3	3,8	1,6	2,8
7,5	14,0	18,8	10,0	13,4	7,0	9,4	5,1	6,8	3,5	4,7	2,5	3,4
8,0	16,0	20,0	11,4	14,3	8,0	10,0	5,8	7,3	4,0	5,0	2,9	3,6
8,5	18,1	21,2	12,9	15,2	9,0	10,6	6,6	7,7	4,5	5,3	3,3	3,8
10,5	27,6	26,2	19,7	18,8	13,8	13,1	10,0	9,5	6,9	6,7	5,0	4,8
12,0	36,0	30,0	25,7	21,4	18,0	15,0	13,1	10,9	9,0	7,5	6,5	5,5
13,5	45,5	33,8	32,6	24,1	22,8	16,9	16,6	12,3	11,4	8,5	8,3	6,1
15,0	56,3	37,5	40,2	26,8	28,2	18,8	20,4	13,6	14,1	9,4	10,2	6,8
18,0	81,0	45,0	57,8	32,2	40,5	22,5	29,4	16,4	20,3	11,3	14,7	8,2

Din aceeaşi tabelă, pentru $z=\frac{f}{1000}$ corespunde $H=14{,}3$ m.

Pentru $z=\frac{f}{1\,800}=\frac{f}{1{,}8\times 1000}$ se obţine

$H=14{,}3\times 1{,}8=25{,}74$ m.

Pentru $z=\frac{f}{1\,000}$, distanţa hiperfocală se poate calcula cu uşurinţă mintal, dacă reţinem următoarea regulă simplă: *Cînd neclaritatea admisibilă este a mia parte din distanţa focală, distanţa hiperfocală, în metri, se obţine prin împărţirea distanţei focale, în milimetri, cu indicele diafragmei.*

Exemplul 14. Care este distanţa hiperfocală pentru $f=10$ cm şi diafragma 8, cînd $z=\frac{f}{1\,000}$? Dar pentru $D=2{,}8$?

Cazul I. $H\,[\mathrm{m}]=\frac{f\,[\mathrm{mm}]}{D}=\frac{100}{8}=12{,}5\mathrm{m}$.

Cazul II. $H=\frac{100}{2{,}8}=35{,}7$ m.

Exemplul 15. Ce diafragmă trebuie folosită atunci cînd, punînd la punct pe infinit un aparat cu un obiectiv superangular cu $f=2{,}5$ cm, vrem să avem clar de la 7,5 m pînă în depărtare?

Diafragmarea necesară se calculează cu formula:

$$D=\frac{f\,[\mathrm{mm}]}{H\,[\mathrm{m}]}=\frac{25}{7{,}5}=\frac{10}{3}=3{,}3.$$

Dacă neclaritatea admisibilă ar fi, însă, $\frac{f}{2\,000}$, ar fi necesară diafragma:

$$D=3{,}3\times 2=6{,}6,$$

adică aproximativ la mijloc între 5,6 şi 8.

Pentru aproximativ $z=\frac{1}{30}$ mm, distanţa focală $f=45$ mm prezintă particularităţi, care permit uşor stabilirea distanţei hiperfocale. Pentru diafragma 8, distanţa hiperfocală este tot de 8 m, adică $D=H=8$. Pentru orice altă diafragmă D, valoarea, în metri, a distanţei hiperfocale este egală cu indicele D simetric în raport cu $D=8$ (de exemplu: $D=5{,}6$, $H=11$; $D=11$, $H=5{,}6$; $D=4$, $H=16$; $D=22$, $H=2{,}8$ etc.

Punerea la punct pe infinit este rareori folosită în practică, nefiind avantajoasă, deoarece se pierde zona posterioară a profunzimii. Ea se adoptă numai cînd se fotografiază în adevăr depărtările, fără a avea prim-plan (de exemplu, de pe o culme, munţii din depărtare, fotografierea depărtărilor cu material negativ infraroşu şi film corespunzător, fotografie aeriană). Distanţa hiperfocală are însă o importanţă deosebită în determinarea cu uşurinţă a profunzimii.

61. **Punerea la punct pe aproape-infinit.** Dacă se deplasează planul de punere la punct către aparatul fotografic, începe să se folosească şi profunzimea posterioară. Avansarea planului de punere la punct către aparat ne aduce, la un moment dat, într-o poziţie particulară, deosebit de importantă, şi anume atunci cînd aparatul este pus la punct chiar pe distanţa hiperfocală ($a=H$). În acest caz (fig. 55, *2*) *se obţine cea mai mare profunzime, şi anume de la jumătatea distanţei hiperfocale* $\left(p_a=\frac{H}{2}\right)$ *şi pînă la infinit* ($p_p=\infty$), cu condiţia să nu schimbăm diafragma căreia îi corespunde distanţa hiperfocală respectivă.

Această punere la punct este foarte des folosită în practică la peisajele cu prim-plan şi cu depărtări. Ea se adoptă fără să se mai folosească mijloacele moderne de punere la punct.

Exemplul 16. Să se determine punerea la punct pe aproape-infinit pentru un obiectiv cu $f=7{,}5$ cm, diafragmat la 8, cînd neclaritatea admisibilă este $z=\frac{1}{20}$ mm.

Folosind tabela 3 pentru z cerut, avem $H=2\times 7=14$ m. Punem la punct pe 14 m şi profunzimea se va întinde de la 7 m pînă în depărtare.

Exemplul 17. Aceeaşi problemă pentru $f=5{,}8$ cm, diafragma la 11 şi cu $z=\frac{f}{1\,500}$.

Calculul se poate face şi mintal. Pentru $\frac{f}{1\,000}$,

$H=\frac{58}{11}\approx 5{,}3$ m. Pentru $z=\frac{f}{1\,500}$,

$H=5{,}3\times 1{,}5=7{,}95\approx 8$ m.

Punem la punct pe 8 m, cu diafragma 11, şi vom avea clar de la 4 m la infinit.

Exemplul 18. Cu un aparat avînd obiectivul cu $f=5$ cm fotografiem o persoană la distanţa de 5 m şi vrem să avem clar şi întregul peisaj din spate pînă în depărtare. Ce diafragmă folosim pentru o neclaritate de $\frac{1}{30}$ mm?

Este indicat ca profunzimea să înceapă puţin mai înaintea planului persoanei, deci să admitem $p_a=4$ m, şi să se întindă pînă la infinit. În acest caz punem la punct pe dublul limitei anterioare a profunzimii, care va fi şi distanţa hiperfocală pentru neclaritatea admisibilă de $\frac{1}{30}$ mm.

$$H_{30}=2p_a=2\times 4=8 \text{ m}.$$

Distanţa hiperfocală pentru $z=\frac{1}{10}$ mm va fi deci:

$$H_{10}=8:3=2{,}66 \text{ m}.$$

Din tabela 3, pentru $f=5$ cm găsim că diafragma 11 este cea necesară, deoarece îi corespunde o distanţă hiperfocală $H_{10}=2{,}3$ m.

62. Punerea la punct oarecare sau pentru o anumită profunzime. Cînd distanţa de punere la punct este oarecare, iar diafragma are, de asemenea, un indice oarecare, profunzimea se întinde pe o anumită adîncime (fig. 55-*3*) ale cărei limite se pot calcula cu formula dată la pct. 59. Calculul se poate efectua mai simplu cu ajutorul distanţei hiperfocale, folosind relaţiile:

$$p_a=\frac{a\times H}{H+a}=\frac{H}{\frac{H}{a}+1} \qquad p_p=\frac{a\times H}{H-a}=\frac{H}{\frac{H}{a}-1}.$$

E x e m p l u l 19. Punînd la punct pe 7 m cu diafragma 11 şi $f=7{,}5$ cm, să se determine limitele profunzimii pentru $z=\frac{1}{20}$ mm.

Distanţa hiperfocală, folosind tabela 3, este:

$$H_{20}=2\times 5{,}10=10{,}2 \text{ m}.$$

Limita anterioară a profunzimii se calculează în modul următor:

$$p_a=\frac{7\times 10{,}2}{10{,}2+7}=\frac{71{,}4}{17{,}2}=4{,}15 \text{ cm}^2.$$

Limita posterioară a profunzimii este:

$$p_p=\frac{7\times 10{,}2}{10{,}2-7}=\frac{71{,}4}{3{,}2}=22{,}3 \text{ m}.$$

Se poate pune, însă, problema de a stabili diafragma D şi distanţa de punere la punct a pentru anumite limite ale profunzimii. Calculul trebuie efectuat cu atenţie, folosind relaţiile:

$$H=\frac{2\times p_a\times p_p}{p_p-p_a} \text{ şi } a=\frac{p_a\times H}{H-p_a}=\frac{p_p\times H}{H+p_p}.$$

E x e m p l u l 20. Vrem să obţinem clară o zonă cuprinsă între 5 şi 10 m de la aparat. Să se determine distanţa de punere la punct şi diafragma necesară pentru o neclaritate admisibilă $z=\frac{f}{1\,500}$, dacă obiectivul are $f=8$ cm?

Se calculează distanţa hiperfocală pentru neclaritatea admisibilă dată:

$$H_{1\,500}=\frac{2\times 5\times 10}{10-5}=\frac{100}{5}=20 \text{ m}$$

care, pentru $z=\frac{f}{1\,000}$, este

$$H_{1\,000}=\frac{20}{1{,}5}=13{,}3 \text{ m}.$$

În tabela 3 găsim pentru $f=8$ cm o diafragmă cuprinsă între 5,6 şi 8. Indicele exact al diafragmei poate fi calculat cu formula:

$$D=\frac{f[\text{mm}]}{H[\text{m}]}=\frac{80}{13{,}3}=6.$$

Distanţa de punere la punct pentru condiţiile date este:

$$a=\frac{5\times 20}{20-5}=\frac{100}{15}=6{,}66 \text{ m}.$$

Vom pune la punct pe distanţa 6,60 m şi cu o diafragmă 6, adică puţin mai închisă decît 5,6.

Este evident că, la orice fotografiere, profunzimea respectă legile date mai înainte, dar tot atît de evident este că nu e necesar totdeauna să efectuăm astfel de calcule pentru a face o fotografie. Calculul se foloseşte în anumite situaţii, dar cunoaşterea principiilor care guvernează formarea imaginii şi întinderea zonei de claritate ne ajută, după o oarecare deprindere, să ne dăm seama aproape instinctiv de modul în care trebuie să acţionăm, mai ales că există mijloacele rapide, practice şi uşoare de a obţine rezolvarea problemei pe altă cale decît a calculului.

Aceste mijloace sînt *tabelele* şi *scala de profunzime*.

63. **Tabelele de profunzime.** Aceste tabele cuprind, gata calculate, pentru anumite condiţii de fotografiere, limitele profunzimii. Tabelele se pot utiliza în diferite feluri, astfel încît folosind elementele cunoscute, să se determine cele căutate. De o deosebită importanţă sînt tabelele în cazul fotografierii de la mică distanţă (redări la scări mari), în care caz profunzimea este foarte redusă şi punerea la punct trebuie să fie făcută cu mare atenţie. Tabelele sînt întocmite pentru a răspunde anumitor condiţii mai frecvente

și nu pot cuprinde toată gama de situații care se pot prezenta fotografului. Acesta rămîne să interpreteze datele tabelelor sau, în caz de necesitate, să efectueze calculul necesar, folosind elementele date în lucrarea de față.

La sfîrșitul lucrării se dau tabele de profunzime pentru situațiile uzuale. Producătorii de aparate fotografice și, mai ales, de dispozitive de fotografiat de aproape și de făcut reproduceri, pun la dispoziție aproape întotdeauna tabelele necesare corespunzătoare produselor lor.

64. **Scala profunzimilor.** Aproape toate obiectivele folosite la aparatele fotografice moderne au dispozitive care permit rezolvarea, cu suficientă exactitate, prin operații mecanice, a tuturor calculelor arătate mai înainte.

Dispozitivul pentru determinarea profunzimii este format din două scale: *scala profunzimilor*, gravată pe partea fixă a monturii obiectivului, și *scala distanțelor*, de pe inelul mobil al distanțelor.

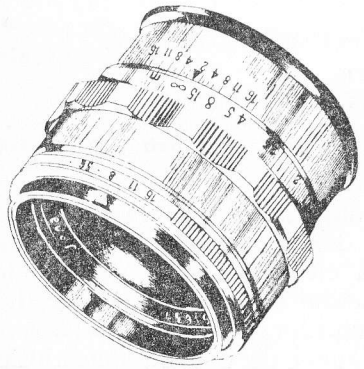


Fig. 56. Scala profunzimii la montura unui obiectiv. Se observă reperul fix și perechile de indici ai diafragmei marcați simetric față de acest reper. În fața lor se află scala distanțelor (în metri) începînd cu ∞.

Pe montura obiectivului este marcat un reper, iar la distanțe convenabile, în raport cu neclaritatea avută în vedere, atît de o parte cît și de cealaltă a acestui reper, sînt marcate valorile din șirul indicilor diafragmei începînd, dinspre reper, cu valoarea cea mai mică (fig. 56). Reperul și cele două șiruri ale indicilor diafragmei, așezate de o parte și de alta a reperului, constituie *scala profunzimilor*.

Pe montura obiectivului se află un inel mobil, pe care sînt gravate diferite distanțe *a* la care se pot găsi subiectele de fotografiat, începînd cu distanța infinit (∞) și continuînd cu distanțe din ce în ce mai mici, pînă la limita minimă de distanță la care se poate fotografia cu obiectivul respectiv. Acest șir de distanțe constituie *scala distanțelor*. Ea este astfel gradată, încît atunci cînd obiectivul are poziția cea mai apropiată de emulsia sensibilă — și deci aparatul este pus la punct pe infinit — semnul ∞ se află în dreptul reperului scalei profunzimilor. Prin rotirea inelului distanțelor, obiectivul avansează și distanța-imagine *a'* crește corespunzînd la diferite distanțe-obiect *a* pe care se face punerea la punct. Aceste valori ale lui *a* din scala distanțelor se deplasează în fața reperului de pe scala profunzimilor, pe măsură ce se rotește inelul distanțelor, în dreptul reperului găsindu-se totdeauna distanța pentru care aparatul este pus la punct.

Trebuie reținut deci că *într-o anumită poziție a inelului distanțelor, în dreptul reperului fix din scala profunzimilor, se găsește totdeauna indicele distanței pentru care imaginea este pusă la punct. Aceasta fiind distanța de punere la punct, pentru a afla limitele profunzimii corespunzătoare unei anumite diafragme, se citesc distanțele* (de pe scala distanțelor) *care se găsesc în dreptul celor doi indici ai diafragmei folosite, situați de o parte și de alta a reperului de pe scala profunzimilor.*

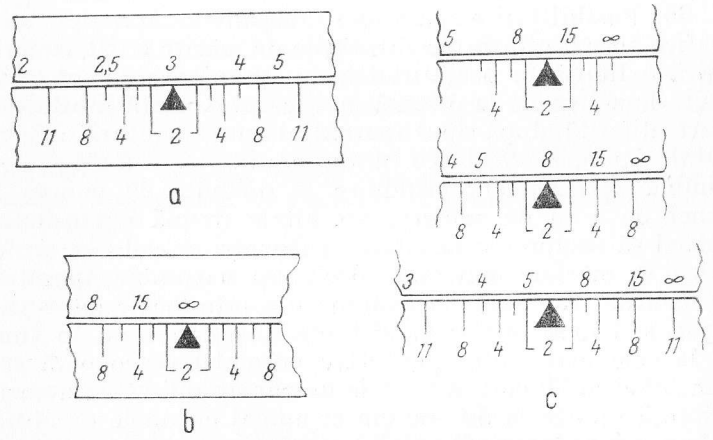


Fig. 57. Exemple de stabilire a profunzimii cu scala profunzimii: *a* — profunzimea pentru o punere la punct oarecare; *b* — stabilirea distanței hiperfocale; *c* — diferite puneri la punct pe distanțe hiperfocale (D=5,6···8···11).

În fig. 57, *a* este reprezentată o punere la punct pe 3 m cu o profunzime de la 2,5 m la 4 m pentru D=5,6. În fig. 57, *b*, punerea la punct e pe ∞ și astfel rezultă că, pentru D=4, distanța hiperfocală este H=15 m. În fig. 57, *c*

sînt date puneri la punct pe aproape-infinit, în cazurile $D=5{,}6$; $D=8$ şi $D=11$, în care cazuri profunzimile sînt cuprinse între distanţele limită $6-\infty$; $4{,}5-\infty$ şi $3{,}20-\infty$.

Manevrînd, deci, în mod corespunzător inelul distanţelor în faţa scalei de profunzime, putem afla: a) limitele profunzimii pentru o anumită diafragmă şi distanţă de punere la punct; b) distanţa hiperfocală pentru orice diafragmă, punînd aparatul la punct pe infinit; c) punerea la punct pentru aproape-infinit pentru orice diafragmă, acoperind astfel cea mai întinsă zonă de claritate. Bineînţeles că toate elementele se obţin pentru neclaritatea admisibilă z de care s-a ţinut seamă la gravarea scalei profunzimii de către constructor.

FOTOGRAFIEREA DE APROAPE (MACROFOTOGRAFIA)

65. **Posibilităţile aparatelor fotografice.** Aparatele fotografice au o limită în posibilităţile de mărire a extensiunii, adică o limită în posibilitatea de apropiere de subiect şi, deci, de a-l vedea la o scară mai mare. Această limită este foarte diferită, după tipul aparatului sau al monturii obiectivului. Aparatele vechi cu burduf erau şi ele diferite, unele (simplă extensiune) oprindu-se la distanţe de punere la punct de 1 m de subiect, iar altele (triplă extensiune), putînd să se apropie la cîţiva centimetri de subiect şi să-l redea în mărime mai mare decît cea naturală. Aparatele cu montura tubulară, la anumite distanţe focale (obiective superfocale), se opresc la distanţa de peste 1 m, în timp ce la cele mai multe (obiective normale) se coboară sub 1 m, pînă la 80 cm; la un mic număr de obiective această distanţă ajunge la 50—60 cm şi numai cu unele excepţionale se poate fotografia pînă la distanţe mai mici (*Planar*-Zeiss la aparatul Contarex pînă la 20 cm, iar *Makro-Kilar D*, pînă la 5 cm). Uneori, este totuşi necesar să se fotografieze şi la distanţe mai mici decît cele permise de monturi, pentru a reda la scară mare subiectele mici, nu numai în fotografia artistică, ci în special reproduceri şi la lucrări ştiinţifice. Această posibilitate se obţine cu ajutorul unor *lentile adiţionale* sau al unor *dispozitive de mărire a extensiunii*, care pot fi *tuburi şi inele intermediare*, sau *burdufuri intermediare*.

66. **Lentilele adiţionale.** Aceste dispozitive sînt meniscuri pozitive care se montează în faţa obiectivelor şi au ca efect (pct. 22, exemplul 8) scurtarea distanţei focale a obiectivului. În acest fel, *variaţia de extensiune permisă de montură, care pentru distanţa focală iniţială reprezintă un anumit procent, pentru noua distanţă focală reprezintă un procent mai mare, fapt care permite apropierea mai mare de subiect şi redarea lui la o scară mai mare.*

Introducerea lentilelor prezintă dezavantajul că influenţează în oarecare măsură calităţile optice ale obiectivului. De aceea este absolut necesar să se folosească lentile de sticle speciale, anume construite pentru obiectivele respective, care nu aduc modificări sensibile sistemului optic iniţial. Fotografierea de aproape cu lentile prezintă avantajul că deşi, de fapt, prin schimbarea distanţei focale se modifică deschiderile relative ale sistemului optic, expunerea nu este necesar să fie modificată, faţă de cea determinată pentru obiectivul iniţial dat, deoarece extensiunea raportată la distanţa focală are influenţă de sens contrar celei provocate de scurtarea distanţei focale.

Posibilităţile de fotografiere cu lentile adiţionale vor reieşi mai explicite din analiza a două exemple care pot servi fotografilor pentru a efectua determinările necesare.

Exemplul 21. Cu un aparat 6×6 cm cu un singur obiectiv, avînd $f=7{,}5$ cm, se poate pune la punct pînă la 1 m. Să se determine domeniul de fotografiere, dacă se montează în faţa obiectivului o lentilă de +2 dioptrii.

Extinderea minimă a aparatului este: $a'=f=7{,}5$ cm.

Proporţia maximă de redare (v. exemplul 3):

$$m=\frac{a}{f}-1=\frac{100}{7{,}5}-1=12{,}33.$$

Extinderea maximă a aparatului:

$$a'=\left(1+\frac{1}{m}\right)f=\left(1+\frac{1}{12{,}33}\right)7{,}5=8{,}19 \text{ cm}.$$

Puterea de refracţie a obiectivului este:

$$\varphi_1=\frac{100}{7{,}5}=13{,}33 \text{ dioptrii}.$$

Puterea de refracţie a noului sistem (obiectiv+lentilă):

$$\varphi_2=13{,}33+2=15{,}33 \text{ dioptrii}.$$

Distanţa focală a noului sistem este:

$$f_1=\frac{100}{15{,}33}=6{,}52 \text{ cm (mai mică decît } f).$$

Se efectuează calculul neglijînd distanța dintre obiectiv și lentilă, rezultatele fiind suficient de precise pentru nescesitățile curente.

Proporția de redare a subiectului de către noul sistem, la extindere minimă, se obține din formula lui a' de mai sus și este:

$$m_1 = \frac{f}{a'-f} = \frac{6{,}52}{7{,}5-6{,}52} = 6{,}65.$$

Cîmpul maxim fotografiat este 40×40 cm (deoarece $6\times6{,}65\approx40$) de la distanța:

$$a_1 = (1+m_1)f = (1+6{,}65)6{,}52 = 49{,}8 \text{ cm}.$$

Proporția de redare a subiectului la extinderea maximă este:

$$m_2 = \frac{6{,}52}{8{,}19-6{,}52} = 3{,}9.$$

Cîmpul minim fotografiat este $23{,}4\times23{,}4$ cm (deoarece $6\times3{,}9=23{,}4$) de la distanța:

$$a_2 = (1+m_2)f = (1+3{,}9)6{,}52 = 31{,}9 \text{ cm}.$$

Expunerea nu variază față de cea pentru fotografierea cu obiectiv normal care, pentru $m=12{,}33$, necesită o prelungire a expunerii de numai 16%[1].

Exemplul 22. Cu un aparat (24×36 mm), avînd obiectivul cu $f=5{,}8$ cm, se poate pune la punct pînă la 80 cm. Ce lentile adiționale trebuie să se folosească, în continuarea celei de pe montură, pentru a putea fotografia la distanțe mai mici decît permite aparatul?

Proporția maximă de redare a subiectului de către obiectiv la extensia maximă este:

$$m = \frac{80}{5{,}8} - 1 = 12{,}8.$$

Cu lentila adițională trebuie să obținem aceeași scară de redare, însă pentru montura pusă la punct pe ∞, deci cu $a'=5{,}8$ cm. Este necesar să aflăm distanța focală a noului sistem care satisface această condiție și care, deci, la o extensiune egală cu distanța focală inițială, să poată fotografia la proporția maximă dată de obiectiv. Din relația $a' = \left(1+\frac{1}{m}\right) f_1$ rezultă

$$f_1 = \frac{ma'}{1+m} = \frac{12{,}8\times5{,}8}{1+12{,}8} = 5{,}38 \text{ cm}.$$

Sistemul **mixt** (obiectiv+lentilă) trebuie să aibă o distanță focală de 5,38 cm.

Puterea de refracție a obiectivului singur (pct. 18):

$$\varphi_0 = \frac{100}{5{,}8} = 17{,}25 \text{ dioptrii}.$$

[1] Vezi tabela 2 din *Timpul de expunere în fotografie* de C. Silistrarianu, București, Editura tehnică, 1962.

Puterea de refracție a noului sistem $\varphi_1 = \frac{100}{5{,}38} = 18{,}5$ dioptrii. Lentila adițională trebuie să aibă, deci, o putere de refracție:

$$\varphi = 18{,}5 - 17{,}25 = \boxed{1{,}25 \text{ dioptrii.}}$$

Maximul de extensiune a monturii este

$$a' = \left(1+1\,\frac{1}{12{,}8}\right) 5{,}8 = 6{,}25 \text{ cm}$$

și deci se poate calcula și scara de redare a subiectului și cîmpul fotografiat (v. exemplul 21):

$$m = \frac{5{,}38}{6{,}25-5{,}38} = 6{,}19.$$

Scara de redare a subiectului va fi $\frac{1}{6{,}19}$, deci aproape dublă decît cea inițială $\left(\frac{1}{12{,}8}\right)$, iar cîmpul fotografiat $14{,}8\times22{,}3$ cm (deoarece $6{,}19\times2{,}4=14{,}8$ și $6{,}19\times3{,}6=22{,}3$), spre deosebire de cel minim al obiectivului singur, care era $30{,}7\times46$ cm (deoarece $12{,}8\times2{,}4=30{,}7$ și $12{,}8\times3{,}6=46$), iar distanța minimă de fotografiere a devenit

$$a = (1+6{,}19)\,5{,}38 = 38{,}6 \text{ cm}.$$

Calculul se poate repeta pentru o nouă lentilă care ar continua fotografierea la scări și mai mari, urmărind același procedeu, astfel:

$$f_2 = \frac{6{,}19\times5{,}8}{1+6{,}19} \approx 5 \text{ cm}$$

(noua distanță focală a obiectivului+a doua lentilă).

Puterea de refracție a noului sistem este:

$$\varphi_2 = \frac{100}{5} = 20 \text{ dioptrii}$$

Puterea de refracție a lentilei a doua este:

$$\varphi = 20 - 17{,}25 = \boxed{2{,}75 \text{ dioptrii.}}$$

În acest caz,

$$m = \frac{5}{6{,}25-5} = \frac{5}{1{,}25} = 4$$

(scara de redare este triplă față de cea inițială).

Cîmpul fotografiat va fi de $9,6 \times 14,4$ cm (deoarece $4 \times 2,4 = 9,6$ și $4 \times 3,6 = 14,4$), de la distanța

$$a = (1+4)\ 5 = 25 \text{ cm}.$$

Nu este indicat să se depășească un număr de maximum 5 dioptrii la lentilele adiționale, deoarece calitatea imaginii se înrăutățește. În orice caz, la fotografierea cu lentile trebuie să se lucreze cu diafragme cu deschiderea de cel mult 5,6, de preferat 8—16, pentru a elimina fasciculul de raze marginale.

Lentilele adiționale se folosesc cu toate posibilitățile pe care le oferă, numai la aparatele fotografice reflex, la care imaginea poate fi urmărită pe geamul mat, atît în ce privește mărimea, cît și în ce privește claritatea. La aceste aparate, imaginea fiind văzută direct, se poate verifica orice combinație de lentile, cu toate posibilitățile lor (variația cîmpului fotografiat, a scării de redare etc.). Cînd aparatele sînt, însă, de tipul celor cu telemetru, la care distanțele de punere la punct se măsoară, iar încadrarea se face numai prin vizor, folosirea lentilelor se poate face numai în anumite condiții, fixate de constructor. Astfel, se adoptă numai anumite garnituri de lentile, special confecționate pentru aparatul respectiv, iar folosirea se face numai pentru extensiuni stabilite (de obicei cu montura obiectivului pusă la punct pe infinit). Distanța de fotografiere și scara de redare au deci mărimi obligatorii. Punerea la punct se face cu mijloace speciale, pe distanța stabilită și, în acest caz, ea nu se obține prin variația extensiunii, ci prin variația distanței la subiect. Ne apropiem sau ne depărtăm cu aparatul de subiect, pînă cînd dispozitivul de măsurare a distanței arată că s-a ajuns în poziția corespunzătoare distanței obligatorii. Un exemplu de astfel de dispozitiv este „Contametrul" folosit la unele aparate Zeiss (fig. 58); la acest tip de aparate, distanțele se verifică cu un telemetru special, montat pe aparat și care este prevăzut cu trei lentile amovibile, corespunzătoare cu cele trei lentile; acestea se montează în fața obiectivului pus la punct pe infinit. Cînd se urmărește să se obțină redarea subiectului la orice scară, atunci și pentru aparatele cu telemetru — dar numai cu obiectiv demontabil — se adoptă dispozitive reflex, la care imaginea se verifică pe geam mat (fig. 59). De fapt, acestea transformă aparatele fotografice respective în aparate reflex.

Dispozitivele de punere la punct sînt însoțite, de obicei, de tabele în care se precizează cîmpul fotografiat și profunzimile corespunzătoare diferitelor diafragme. Dacă nu

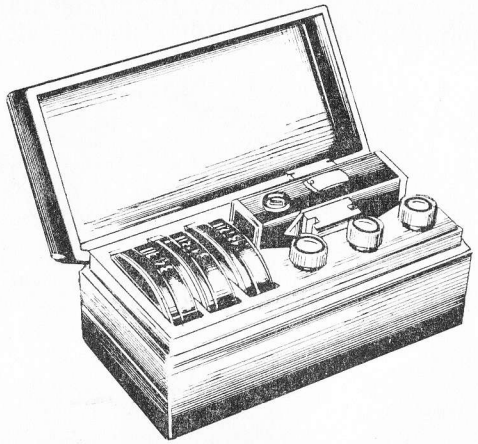


Fig. 58. Dispozitivul „Contametru" pentru fotografiat de aproape pe trei distanțe obligate.

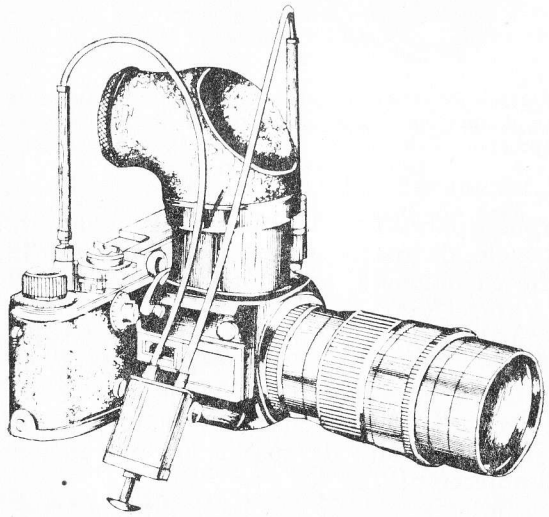


Fig. 59. Dispozitiv de fotografiat de aproape, la aparate fotografice cu telemetru constînd din intercalarea, între aparat și obiectiv, a unor dispozitive reflex cu oglindă și cu lupă pentru punere la punct.

dispunem de aceste tabele, calculele se pot efectua, cu exactitate satisfăcătoare, după datele din lucrarea de faţă.

67. **Tuburile, inelele şi burdufurile.** Tuburile şi inelele intermediare, precum şi burdufurile intermediare se montează, la aparatele fotografice cu obiective demontabile,

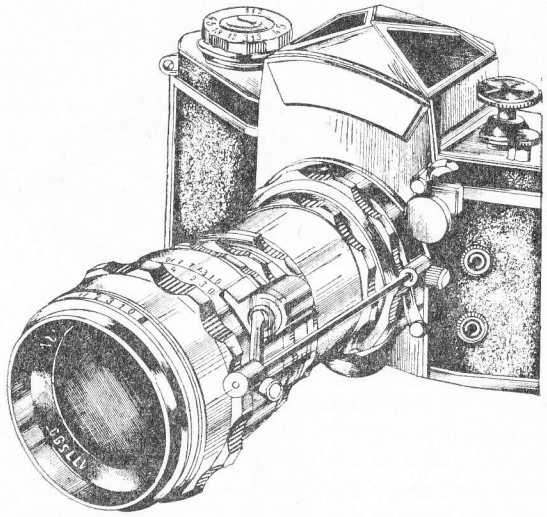


Fig. 60. Prelungirea extensiunii cu ajutorul tuburilor şi al inelelor intermediare, pentru fotografierea de aproape. Tuburile şi inelele se intercalează între aparatul fotografic şi obiectiv.

între corpul aparatului şi obiectiv. Primele (fig. 60) se prind între ele, de aparat şi de obiectiv, fie prin înşurubare (Zenit), fie cu baionetă, sau chiar folosind ambele sisteme (Exakta Varex, Exa).

Burdufurile (fig. 61) au extremităţile fixate în două rame metalice, dintre care una este solidară cu una sau cu două glisiere, iar a doua poate aluneca pe aceste glisiere, realizînd în acest fel variaţia extensiunii. Rama fixă a burdufurilor se prinde de aparat, iar pe rama mobilă se montează obiectivul.

Cînd se folosesc tuburi sau inele intermediare, variaţia de extensiune nu mai este continuă, ci în trepte, deoarece deplasarea obiectivului faţă de emulsia sensibilă nu se mai face în mod progresiv, ci în salturi de lungimi diferite,

corespunzătoare lungimilor tubului sau tuburilor succesive care se intercalează între obiectiv şi aparat. Pentru fiecare treaptă există o oarecare posibilitate de corecţie a punerii la punct printr-o mică variaţie progresivă de extensiune, şi anume cea dată de variaţia extensiunii permise de montura

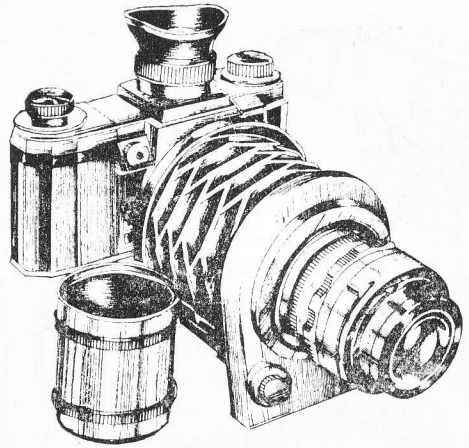


Fig. 61. Prelungirea variabilă a extensiunii cu ajutorul burdufului intermediar. Se observă că pe geamul mat al aparatului reflex s-a montat o lupă pentru realizarea unei puneri la punct precise. Alături se găseşte un tub intermediar care poate servi la prelungire suplimentară.

obiectivului, prin rotirea inelului distanţelor. Indicaţiile de distanţe ale acestui inel, în cazul de faţă, nu mai au însă valabilitate.

Din cauza variaţiei discontinue a extensiunii rezultă că există unele valori ale lui a' pe care aparatul de fotografiat nu le poate asigura şi, din această cauză, există anumite distanţe de fotografiere la care nu putem fotografia (discontinuitate şi în distanţele de fotografiere). Pentru diferitele lungimi de tuburi şi inele intermediare utilizate există, deci, anumite domenii de folosinţă. Determinarea lor prin calcul este dată în exemplul 23. În cazul folosirii de inele sau de tuburi intermediare, la aparatele reflex (Exa, Exakta, Contaflex etc.) domeniile de folosire se pot stabili practic foarte uşor, prin observarea imaginii pe geamul mat. La aparatele fotografice la care punerea la

punct nu se face pe geam mat, dispozitivele de prelungire a extensiunii în trepte se folosesc cu ajutorul unor dispozitive speciale, prevăzute cu o coloană (fig. 62) specială sau cu picioruşe (fig. 63), care asigură aparatelor fotografice distanţe bine determinate faţă de subiectele fotografiate — în raport cu lungimea tubului utilizat. La acestea, punerea

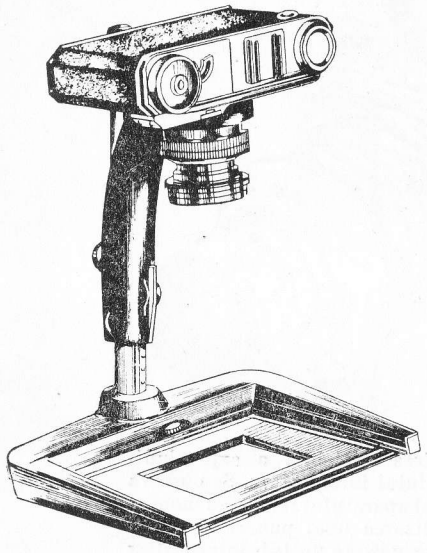


Fig. 62. Coloană cu repere pentru fixat înălţimea aparatului fotografic faţă de planul de punere la punct a subiectului, folosit la fotografierea de aproape cu tuburi intermediare pentru anumite distanţe-subiect.

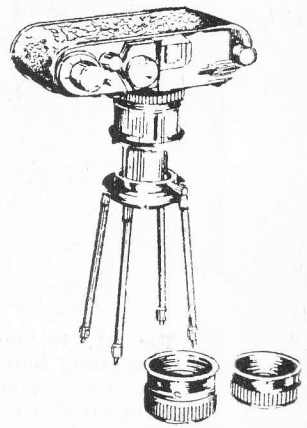


Fig. 63. Dispozitiv cu picioruşe, servind în acelaşi scop ca şi cel din fig. 62.

la punct rezultă automat prin aşezarea aparatului la distanţa prevăzută de dispozitiv.

Trebuie menţionat că există diferite rezolvări date de producători dispozitivelor de fotografiere de aproape, pînă la mărimea naturală şi chiar dincolo de ea.

În cazul folosirii burdufurilor intermediare, variaţia extensiunii este continuă, cel mult dacă există un mic salt în lungimea extensiunii, produs de introducerea burdufului în poziţia lui cea mai strînsă. Burdufurile sînt folosite de obicei la aparatele reflex, singurele care le pot pune în valoare toate posibilităţile, deoarece numai ele permit obser-

varea permanentă a imaginii şi punerea la punct precisă în oricare dintre poziţiile de extensiune.

Există şi unele dispozitive tubulare scurte, cu variaţie continuă de extensiune (funcţionînd în acelaşi mod ca şi monturile obiectivelor), cum este dispozitivul pentru aparatul Leica (fig. 64). La acest dispozitiv, punerea la punct se face cu ajutorul însuşi al telemetrului cu care este dotat aparatul, încadrarea subiectului făcîndu-se de asemenea prin vizorul acestuia, dispozitivul fiind prevăzut cu mijloacele de corecţie necesare.

Determinarea domeniului de folosire a dispozitivelor intermediare se poate stabili prin calcul, folosind elementele date în lucrarea de faţă. În cazul acestor dispozitive nu mai este vorba de o modificare a distanţei focale, ci numai de mărirea distanţei-imagine a'. Tuburile şi burdufurile intermediare prezintă avantajul că nu influenţează cu nimic calităţile optice ale obiectivului. În schimb, timpul de expunere are mari variaţii, ajungîndu-se la împătrirea lui, în cazul unor reproduceri la scară naturală ($a=a'=2f$).

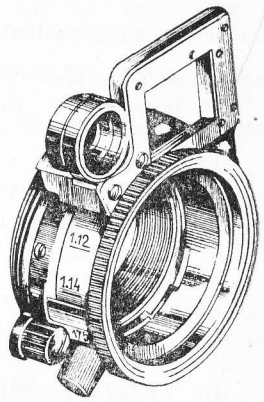


Fig. 64. Dispozitiv cu un tub intermediar, permiţînd variaţia prelungirii extensiunii la aparate cu telemetru. În partea superioară se află ferestrele de corecţie (rotundă, pentru telemetru şi dreptunghiulară, pentru vizorul aparatului).

Exemplul 23. Un aparat reflex (24×36) cu $f=5$ cm se pune la punct pînă la 90 cm. Se dispune de două tuburi intermediare cu lungimea de 1 cm, respectiv de 1,5 cm. Să se determine domeniile de fotografiere care se pot obţine cu aceste mijloace.

La o distanţă de 90 cm, aparatul redă subiectele reduse de $m=\frac{a}{f}-1=$ $=\frac{90}{5}-1=17$ ori, cuprinzînd un cîmp de 40,8×61,2 cm (deoarece 2,4× ×17=40,8 şi 3,6×17=61,2). Cu aparatul singur se pot fotografia, deci, toate subiectele care au o întindere mai mare decît acest cîmp.

Extensiunea maximă a aparatului este:

$$a'=\left(1+\frac{1}{m}\right)f=\left(1+\frac{1}{17}\right)5=5{,}294 \text{ cm}.$$

a) Cu primul tub, extinderea minimă este distanţa focală mărită cu lungimea tubului; deci $a'_1 = f + l_1 = 5 + 1 = 6$ cm; proporţia reducerii subiectului este (v. exemplul 21): $m_1 = \frac{f}{a' - f} = \frac{5}{6-5} = 5$, iar cîmpul maxim fotografiat, 12×18 cm (deoarece $2{,}4 \times 5 = 12$ cm şi $3{,}6 \times 5 = 18$ cm).

În aceleaşi condiţii, extinderea maximă este $a'_2 = 5{,}294 + 1 = 6{,}294$ cm, iar proporţia reducerii subiectului $m_2 = \frac{5}{6{,}294 - 5} = 3{,}86$. Cîmpul fotografiat devine $9{,}25 \times 13{,}89$ cm (deoarece $2{,}4 \times 3{,}86 = 9{,}25$ şi $3{,}6 \times 3{,}86 = 13{,}89$).

Cu primul tub se pot fotografia subiecte a căror întindere variază între cîmpurile calculate mai sus.

b) Cu al doilea tub, calculul se efectuează în acelaşi mod, obţinîndu-se:
$a'_3 = 6{,}5$ cm; $m_3 = 3{,}33$; cîmpul maxim fotografiat 8×12 cm;
$a'_4 = 6{,}794$ cm; $m_4 = 2{,}79$; cîmpul minim fotografiat $6{,}7 \times 10$ cm.

c) Tuburile pot fi folosite, însă, şi împreună, lungind extensiunea cu 2,5 cm. În acest caz:
$a'_5 = 7{,}5$ cm; $m_5 = 2$; cîmpul maxim fotografiat $4{,}8 \times 7{,}7$ cm;
$a'_6 = 7{,}792$ cm; $m_6 = 1{,}8$; cîmpul minim fotografiat $4{,}3 \times 6{,}45$ cm.

68. **Cazul folosirii ambelor mijloace.** Pentru fotografierea de aproape se pot utiliza şi ambele mijloace indicate, adică atît mărirea extensiunii, cît şi lentile adiţionale. La calculul măririi expunerii trebuie să fim atenţi şi să nu folosim ca element de bază scara de redare, deoarece aceasta este rezultanta celor două mijloace folosite şi se vor obţine rezultate falsificate, din cauza influenţei lentilelor. De aceea se va ţine seamă numai de mărirea extensiunii, ea fiind singura care măreşte distanţa-imagine faţă de cea a obiectivului normal, şi ca atare, produce scăderea luminozităţii imaginii.

69. **Profunzimea în fotografia de aproape.** Acest procedeu urmează absolut aceleaşi reguli ca şi în domeniul fotografiei obişnuite. În mod deosebit trebuie să se reţină că profunzimea este foarte mică (după cum se va vedea şi din exemplele care urmează) ceea ce face ca, pentru aceste cazuri, să se aleagă subiecte cu o adîncime mică; în caz contrar pot să apară neclare, oricît de mult s-ar diafragma, atît părţile mai apropiate de aparat cît şi cele mai depărtate, decît limitele acestei mici profunzimi. Limitele profunzimii se dau în tabele, dar pot fi şi calculate pentru cazurile care interesează, folosind regulile date, cu observaţia că, la folosirea lentilelor, trebuie să se ia în consideraţie distanţele focale ale ansamblului format din obiectiv + lentilă.

La aparatele reflex, profunzimea se poate controla pe geamul mat, însă la celelalte aparate la care se folosesc dispozitive cu distanţe de fotografiere obligatorii, trebuie să se respecte indicaţiile date în tabele de către producători sau elementele care rezultă din calcule. Punerea la punct, în acest ultim caz, trebuie făcută astfel, încît întregul subiect fotografiat să fie cuprins în zona de claritate care rezultă din profunzimea calculată.

Exemplul 24. Să se calculeze profunzimea pentru limitele domeniului de fotografiere cu lentilele din exemplul 21, presupunînd $z = \frac{f}{1\,500}$ şi diafragma $D = 11$.

Pentru $f = 6{,}52$ şi $D = 11$ se obţine:

$$H_{100} = \frac{65{,}2}{11} = 5{,}92 \text{ m}; \quad H_{1500} = 5{,}92 \times 1{,}5 = 8{,}3 \text{ m}.$$

Folosim forma a doua a formulelor de la pct. 62.
Pentru $a_1 = 49{,}8$ cm, se obţine:

$$p_a^{(1)} = \frac{830}{\frac{830}{49{,}8} + 1} = \frac{830}{16{,}7 + 1} = 46{,}9 \text{ cm}; \quad p_p^{(1)} = \frac{830}{16{,}7 - 1} = 55 \text{ cm}.$$

Punînd la punct pe 49,8 cm, se obţine clar zona cuprinsă între 46,9 şi 55 cm (numai 8,1 cm).

Pentru $a_2 = 31{,}9$ cm, se obţine:

$$p_a^{(2)} = \frac{830}{\frac{830}{31{,}9} + 1} = \frac{830}{26 + 1} = 30{,}7 \text{ cm}; \quad p_p^{(2)} = \frac{830}{26 - 1} = 33{,}2 \text{ cm}.$$

Punînd la punct pe 31,9 cm, spaţiul redat clar este cuprins între 30,7 cm şi 33,2 cm (numai 2,5 cm).

Se observă cît de mult scade profunzimea pe măsura reducerii distanţei de fotografiere.

Exemplul 25. Să se calculeze profunzimea pentru limitele domeniului de fotografiere cu tubul de 1 cm lungime dat în exemplul 23 cînd $z = \frac{1}{20}$ mm şi diafragma $D = 11$.

Din tabela 3 se obţine:

$$H_{10} = 2{,}3 \text{ m}; \text{ deci } H_{20} = 2{,}3 \times 2 = 4{,}6 \text{ m}.$$

Calculăm distanţele de punere la punct (de care nu fusese nevoie în exemplul 23), folosind formula derivată din cele date: $a = \frac{a'f}{a' - f}$.

Pentru $a'_1 = 6$ cm, $a_1 = \frac{6 \times 5}{6 - 5} = 30$ cm,

limitele profunzimii sînt:

$$p_a^{(1)} = \frac{460}{\frac{460}{30}+1} = \frac{460}{15{,}3+1} = 28{,}2 \text{ cm.} \qquad p_p^{(1)} = \frac{460}{15{,}3-1} = 32{,}2 \text{ cm.}$$

Punînd la punct pe 30 cm, spațiul redat clar este cuprins între 28,2 cm și 32,2 cm (numai 4 cm).

Pentru $a_1' = 6{,}294$ cm, $a_1 = \frac{6{,}294 \times 5}{6{,}294-5} = 24{,}3$ cm,

limitele profunzimii fiind:

$$p_a^{(2)} = \frac{460}{\frac{460}{24{,}3}+1} = \frac{460}{18{,}95+1} = 23{,}1 \text{ cm;} \qquad p_p^{(2)} = \frac{460}{18{,}95-1} = 25{,}7 \text{ cm.}$$

Punînd la punct pe 24,3 cm, spațiul redat clar este cuprins între 23,1 cm și 25,7 cm (numai 2,6 cm).

V. MIJLOACE DE PUNERE LA PUNCT

70. **Punerea la punct fixă.** Această metodă este adoptată la aparatele fotografice simple (cutie box), care sînt prevăzute cu obiective cu luminozități mici (între 1 : 8 și 1 : 16) și deci au profunzimea mare. De aceea, ele sînt astfel construite, încît obiectivul se află, față de emulsia sensibilă, la o distanță corespunzătoare unei puneri la punct care să permită, la diafragma maximă (care este destul de închisă), obținerea unei clarități satisfăcătoare pe o mare adîncime, de exemplu de la 2 m pînă la o cît mai mare depărtare (chiar infinit). Rezultatele cele mai bune se obțin la aparatele de format mediu, la care după negative se fac, de obicei, numai copii, nefiind nevoie de măriri; la măriri, după cum se știe neclaritățile sînt amplificate și, deci, apar mai vizibile. Desigur că imaginile obținute nu trebuie să fie examinate cu o exigență prea mare, din punctul de vedere al fineții desenului, deoarece afară de planul corespunzător punerii la punct efective, restul planelor subiectului ne apar clare numai cu aproximație.

71. **Punerea la punct pe repere.** Această metodă reprezintă o variantă perfecționată a metodei expuse la punctul precedent. La aparatele cu o astfel de punere la punct, aceasta se face, de obicei, pentru trei distanțe marcate prin repere astfel alese, încît, în raport cu luminozitatea obiectivului — și în acest caz redusă —, să se obțină profunzimea satisfăcătoare. Se obține, în acest fel, o imagine cu un desen mai precis decît în cazul punerii la punct pe distanță fixă. Cele trei repere sînt numite de obicei: *portret*, care corespunde aproximativ distanței de punere la punct la 1,50 m; *grup*, corespunzător distanței de aproximativ 3 sau 4 m, și *peisaj*, la care corespunde o distanță de circa 10 m. Adeseori, aceste repere nu sînt desemnate prin cifre sau litere corespunzătoare denumirilor arătate, ci prin desene stilizate, reprezentînd subiectele respective (o persoană, mai multe persoane, un grup de arbori).

Aparatele cu astfel de punere la punct au, de obicei, şi repere pentru diafagme corespunzătoare situaţiilor în care se fotografiază pe reperele de distanţă (diafragmă deschisă pentru portret; medie, pentru grupuri şi, mai închisă, pentru peisaj).

Este interesant de observat că aceste puneri la punct şi notaţii se întîlnesc, modernizate, şi la aparatele de construcţie recente, adoptate în scopul unei „simplificări" a preocupărilor fotografului amator.

72. **Punerea la punct prin apreciere.** La aparatele fotografice cu rolfilm a fost folosită timp de decenii punerea la punct prin apreciere (fig. 65). Metoda este şi azi folosită la

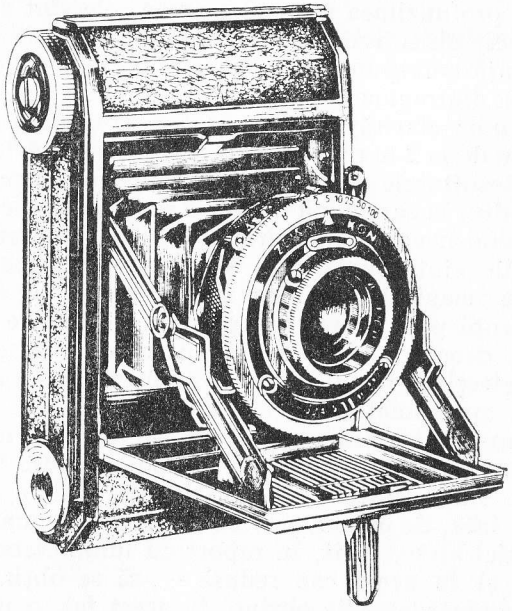


Fig. 65. Aparat cu rolfilm, la care punerea la punct se face după apreciere, prin rotirea părţii frontale a obiectivului (obiectiv triplet simplu).

aparatele ieftine, îndeosebi la formatele mici şi foarte mici, la care fotograful se bazează pe acoperirea pe care o dă profunzimea mare ce se obţine cu obiectivele cu distanţa focală mică. Aceste aparate sînt prevăzute cu dispozitive pentru punerea la punct prin deplasarea obiectivului faţă de emulsia sensibilă sau prin rotirea lentilei frontale (pct. 48)

şi cu o scală pe care se citesc distanţele respective. Punerea la punct se face apreciind (sau măsurînd, dacă e cazul şi există posibilitate) distanţa dintre obiectiv şi planul cel mai important al subiectului, după care se deplasează obiectivul prin mijloacele de care dispune aparatul, pînă cînd distanţa apreciată este adusă în faţa reperului (uneori invers, reperul fiind mobil, este adus în faţa distanţei corespunzătoare din scala distanţelor, care este fixă). În acel moment, punerea la punct este efectuată şi, bineînţeles, claritatea imaginii este dependentă de justeţea aprecierii distanţei şi de acoperirea pe care i-o dă mărirea profunzimii printr-o diafragmare mai mare. Cu astfel de dispozitive nu se pot folosi diafragme mult deschise. De altfel, pe vremea cînd aceste aparate erau răspîndite, obiectivele aveau luminozitatea maximă de 1 : 4,5, iar azi, la aparatele cu acest fel de punere la punct, luminozitatea nu este mai mare decît 1 : 3,5, şi aceasta numai pentru distanţele focale mici.

73. **Punerea la punct pe geam mat.** Punerea la punct pe geam mat a fost folosită încă de la începuturile fotografiei, aparatele fotografice fiind prevăzute cu un geam mat, a cărui faţă mătuită este îndreptată spre obiectiv. Pe suprafaţa mată, imaginea apare vizibilă clar, mai ales cînd spaţiul din care este privit geamul mat (dinspre partea lucioasă) se află în întuneric sau cel puţin este iluminat foarte slab. Cu ajutorul geamului mat, imaginea poate fi observată direct, permanent şi în mărimea ei reală, iar punerea la punct — reglarea clarităţii maxime — se controlează în timp ce obiectivul este deplasat (înainte şi înapoi) pentru a i se găsi poziţia optimă. Reglarea se face, de obicei, cu diafragma la deschiderea maximă, pentru ca imaginea să fie cît mai luminoasă, iar profunzimea cît mai redusă, pentru a nu greşi la stabilirea zonei celei mai clare. Claritatea în punerea la punct se determină după claritatea desenului unor linii, a unor contururi sau a unor suprafeţe bine iluminate ale subiectului, situate în planul a cărui punere la punct se urmăreşte. Distanţa-imagine se reglează astfel, încît aceste linii sau contururi să fie redate cu desenul cel mai clar posibil. Poziţia de maximă claritate se obţine cînd dintr-o serie de benzi difuze — prin mişcarea în sens potrivit a obiectivului — se ajunge, la un moment dat, ca desenul subiectului să fie redat prin linii foarte clare şi precis desenate. Depăşind această poziţie se observă că desenul devine din ce în ce mai confuz. După un timp oare-

care de practică fotografică se ajunge cu multă rapiditate la poziția corespunzătoare.

După punerea la punct se diafragmează atît cît e necesar pentru a se asigura, prin profunzime, claritatea imaginii pe adîncimea dorită.

Metoda de punere la punct pe geam mat este și azi garanția cea mai bună a unei juste încadrări și a aprecierii aspectelor compoziționale ale imaginii. Cu ajutorul geamului mat, fotograful *vede* fotografia, astfel încît poate să o gîndească încă înainte de a o înregistra pe emulsia sensibilă.

Modul de realizare a punerii la punct pe geamul mat a evoluat în decursul timpului. Prima aplicare s-a făcut la aparatele clasice, la care geamul mat se află în camera neagră, pe peretele opus celui pe care se află obiectivul, și este montat într-o ramă amovibilă care, după punerea la punct, este înlocuită cu o casetă în care se găsește materialul negativ. Acesta este adus cu suprafața sensibilă exact în planul care fusese ocupat de suprafața mătuită a geamului mat. De acest tip — numit cu geam mat — sînt aparatele fotografice de atelier, aparatele folosite în scopuri științifice, aparatele cu plăci ale amatorilor fotografi, devenite azi foarte rare, dar care totuși mai există, în formă modernizată, pentru anumite lucrări cu caracter documentar. La aceste aparate, imaginea pusă la punct este răsturnată și inversată lateral (stînga-dreapta).

74. **Aparate reflex.** Deoarece cu aparatele indicate mai înainte se fotografiază numai cu trepied, — ele trebuind să rămînă absolut fixe în timpul înlocuirii geamului mat cu caseta port-material negativ —, s-au realizat, încă din secolul trecut, aparate fotografice mai „operative", cu care să se poată obține instantanee din viața curentă (reportaj). Acestea sînt aparatele *reflex* (fig. 66), adică aparatele la care în drumul razelor de lumină se interpune o oglindă înclinată sub un unghi de 45°, articulată la muchia superioară-posterioară a camerei negre. Geamul mat constituie acum peretele superior al camerei negre a aparatului fotografic, iar în peretele posterior se găsește în permanență materialul negativ. Oglinda, în poziția ei înclinată, împiedică accesul luminii către emulsia sensibilă și o dirijează spre geamul mat de deasupra: aceasta — în linie frîntă la 90° — se găsește la exact aceeași distanță de obiectiv, ca și distanța — în linie dreaptă — la care se găsește emulsia

sensibilă. Punerea la punct pe geamul mat se face în condiții obișnuite, imaginea care se prezintă ochiului fiind însă nerăsturnată — dreaptă —, dar păstrînd inversarea stînga-dreapta.

După punerea la punct, prin declanșare, înainte de deschiderea obturatorului (care la aceste aparate este, în majoritatea cazurilor, de tipul cu perdea), oglinda se rotește în jurul articulației sale, ridicîndu-se și acoperind etanș geamul mat astfel, încît nici o rază de lumină să nu pătrundă prin acesta în camera neagră și să influențeze, în timpul expunerii, materialul negativ.

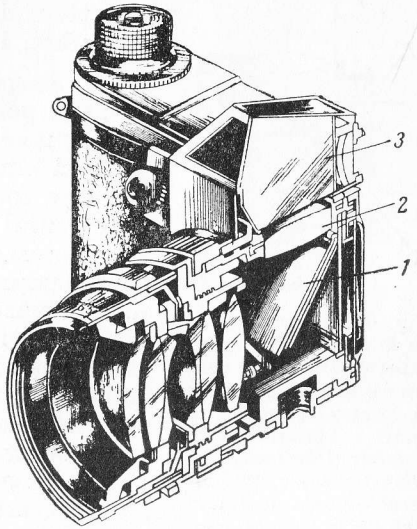


Fig. 66. Aparat reflex (secționat). Se vede oglinda *1* înclinată din fața emulsiei sensibile, lentila plan-convexă *2* de la partea superioară cu fața plană mătuită, pentru a servi la punerea la punct, și pentaprisma superioară *3* pentru dirijarea razelor către ocularul prin care se observă imaginea pe geamul mat.

Acest aparat, care a avut forme destul de greoaie la primele tipuri, este astăzi folosit pe scară mare în special la formatul mic, într-o formă modernizată și folosind obiective de mare luminozitate (Zenit, Start, Praktisix, Exa, Exakta-Varex, Contaflex, Pentacon etc.).

Necesitatea de a putea observa continuu subiectul chiar în timpul fotografierii a dus, în deceniul al patrulea al secolului nostru, la crearea aparatelor *reflex cu două obiective* — diferite ca principiu de alcătuire de cele descrise anterior, *aparatele monoobiectiv*. Aparatele reflex cu două obiective — așezate unul deasupra celuilalt — au și două camere negre, așezate în același mod (fig. 67). Camera neagră de deasupra, prevăzută cu oglindă înclinată la 45°, fixă, și cu geam mat la partea superioară, servește la punerea la punct și la încadrarea imaginii, în timp ce camera neagră inferioară constituie aparatul fotografic propriu-zis, fiind

prevăzută cu obiectivul de fotografiere şi cu obturatorul respectiv. Construcţia este astfel executată, încît există o concordanţă perfectă în variaţia extensiunii celor două camere negre, care, de fapt, sînt monobloc; astfel, punerea la punct pe geamul mat cu obiectivul superior este perfect valabilă pentru punerea la punct a imaginii date de obiectivul de fotografiere (Rolleiflex, Weltaflex, Flexaret etc.).

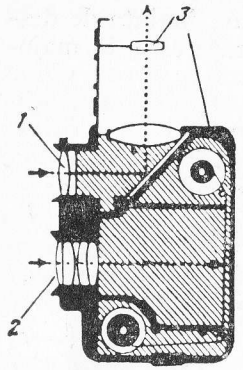


Fig. 67. Aparat reflex cu două obiective. Cel superior *1* serveşte pentru camera neagră-vizor şi pentru punerea la punct, cel inferior *2* este obiectivul de fotografiere propriu-zis. Se observă oglinda înclinată fixă de la camera neagră superioară şi lupa măritoare *3*.

75. **Dispozitive speciale pentru reglarea punerii la punct pe geamul mat.** Punerea la punct pe geamul mat prezintă cîteva particularităţi. Imaginea se formează pe suprafaţa mată a geamului şi claritatea desenului este observată direct sau cu ajutorul unor lupe măritoare (fig. 67) cu care sînt prevăzute aparatele fotografice la dispozitivele apărătoare ale geamului mat. Observarea fineţii desenului imaginii, chiar cu ajutorul lupelor, este condiţionată, însă, de fineţea cu care a fost realizată mătuirea suprafeţei geamului. Dacă aceasta este prea rugoasă, zgrunţurile sînt vizibile şi împiedică buna observare a clarităţii imaginii, ceea ce este un defect. Dacă această problemă nu prezenta o prea mare importanţă în trecut, cînd se lucra cu formate mari, la formatele mici, la care s-au introdus şi lupele măritoare, granulozitatea mătuirii a devenit foarte importantă şi, de aceea, este necesar să se folosească geamuri mate speciale, de mare fineţe.

S-a mers chiar pînă la limita extremă, adică la eliminarea mătuirii pe o suprafaţă circulară centrală a geamurilor mate, zonă în care s-a introdus numai un reticul în cruce (fig. 68). La acest dispozitiv, care se foloseşte pentru punerile la punct foarte precise, în fotografierile directe, la scări mari, şi în microfotografie, încadrarea imaginii şi punerea la punct aproximativ se fac pe întregul cîmp al geamului mat, însă punerea la punct precisă se face cu ajutorul unei lupe cu mare putere de mărire (30×), pe porţiunea de geam clar. Prima operaţie este de a pune la punct lupa, pe

reticul (deci pe faţa anterioară a geamului clar). După aceea trebuie să se facă să apară clară şi imaginea dată de obiectiv (de asemenea prin aducerea ei în planul feţei anterioare a geamului clar). Pentru obţinerea acestei clarităţi a imaginii se face reglarea corespunzătoare a distanţei obiectivului. Sistemul prezintă dificultatea că, din cauza puterii măritoare a lupei, la punerea la punct este vizibil numai un detaliu foarte mărunt al subiectului fotografiat.

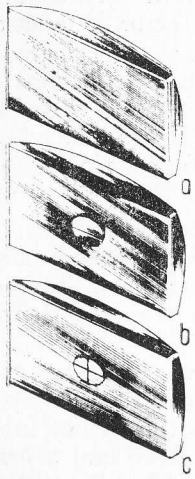


Fig. 68. Lentile plan-convexe, mate pe faţă plană, servind la punerea la punct a imaginii: *a* — suprafaţa mată simplă; *b* — suprafaţa mată cu lupa telemetrică la mijloc; *c* — suprafaţa mată cu zonă centrală clară şi reticul în cruce pentru pus la punct cu lupa de observaţie.

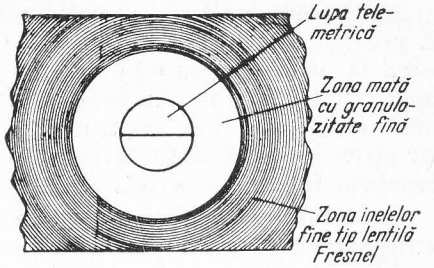


Fig. 69. Schema geamului mat special pentru o punere la punct precisă şi o bună luminozitate uniformă a imaginii pe toată suprafaţa geamului.

Luminozitatea imaginii obţinute pe geamul mat nu este uniformă (pct. 39), ceea ce face dificilă observarea imaginii la marginea geamului mat şi, deci, încadrarea precisă a acestor zone. De aceea, o dată cu apariţia aparatelor reflex de format mic s-au adoptat, în loc de geamuri mate, lentile plan-convexe, mătuite pe partea plană, dispozitiv care a adus o îmbunătăţire în posibilitatea de observare şi încadrare a imaginii în zonele ei marginale (fig. 68).

În ultimul timp au apărut şi alte dispozitive de folosit în acelaşi scop. Astfel, unele aparate sînt prevăzute cu un geam special pe care se formează imaginea. Acest geam (fig. 69) cuprinde la mijloc o mică zonă circulară, cu *o lupă telemetrică* (care va fi descrisă mai departe), în jurul căreia se află o coroană inelară de geam mat cu granulozitate foarte fină, iar împrejurul acestei coroane, tot restul cîmpului este realizat ca o lentilă Fresnel; aceasta este formată din

cercuri concentrice foarte fine, în relief, toate dînd, împreună, o secţiune asemănătoare dinţilor de ferăstrău. Totul este privit printr-o lentilă plan-convexă şi prin alte lupe măritoare. În acest fel, posibilităţile de observare şi de punere la punct sînt multiple şi îmbunătăţite. Lupa telemetrică dă precizie în punerea la punct; geamul mat permite punerea la punct în mare şi vederea clară a zonei centrale a imaginii, iar în zona cu inele Fresnel, imaginea apare mai luminoasă — ca şi la centru — şi poate fi bine încadrată, dar cu acceptarea liniaturii concentrice foarte fine date de structura inelară descrisă.

O ultimă îmbunătăţire care s-a adus punerii la punct pe geam mat constă în faptul că s-au realizat: apărarea contra luminii laterale, care împiedică buna observare a imaginii, vizionarea imaginii la scară naturală, ca şi cum s-ar privi direct subiectul, şi imagine neinversată, fiind redresată, nu numai vertical, ci şi lateral. Într-un cuvînt, observarea imaginii dă impresia vizionării subiectului direct în natură. Acest lucru s-a obţinut prin introducerea (la format mic şi la formatul 6×6 cm) a *pentaprismei* (fig. 66 şi 70), adică a unei prisme pentagonale cu reflexie totală şi a unor oculare de observare a imaginii, prin care, privind imaginea de pe geamul mat, subiectul apare în mărime, poziţie, culoare şi iluminare naturală (aparatele Start, Exakta-Varex, Exa, Praktisix, Rolleiflex etc.). Trebuie subliniat că unele aparate sînt prevăzute cu pentaprismă amovibilă, astfel încît permit ca punerea la punct pe geamul mat să se facă şi cu ajutorul lupelor, după necesităţile de fotografiere (îndeosebi la reproduceri şi la lucrări ştiinţifice).

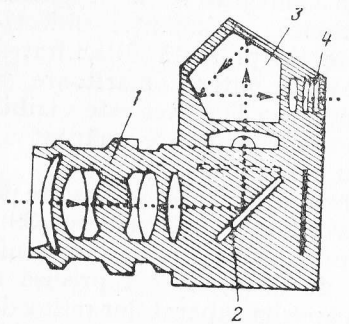


Fig. 70. Schema mersului razelor de lumină într-un aparat reflex cu pentaprismă (v. şi fig.68):
1 — obiectiv; *2* — oglindă înclinată la 45°, mobilă; *3* — pentaprismă; la partea ei inferioară, lentila plan-convexă cu faţa plană mătuită pe care se pune la punct; *4* — ocularul prin care se observă imaginea.

Combinaţia dintre vizorul cu pentaprismă şi dispozitivul cu geam special (aparatul Contarex, Praktica IV F) reprezintă, se pare, cea mai bună metodă actuală de punere la punct la aparatele pentru fotoamatori.

76. **Punerea la punct cu telemetrul.** Această metodă de punere la punct s-a răspîndit pe scară mare o dată cu formatul mic, la care punerea la punct trebuie să fie riguroasă, spre a permite măriri. Geamul mat folosit pe atunci la formatele mai mari nu ajunsese la perfecţionările arătate, astfel încît să poată da rezultate bune. Telemetrul este, de fapt, un instrument de măsurat distanţe, iar manevrarea lui, în acest scop, a fost cuplată la aparatele fotografice cu deplasarea obiectivului, în aşa fel încît *pentru orice distanţă pe care ar fi reglat telemetrul, obiectivul să fie adus automat în poziţia corespunzătoare unei puneri la punct clare a imaginii subiectului care se găseşte la acea distanţă.*

Există telemetre separate care nu folosesc decît la determinarea distanţelor, iar indicaţiile lor sînt transpuse de fotograf pe scala de distanţe a aparatului fotografic. Acesta este un sistem de rezolvare bună a punerii la punct a aparatelor la care această operaţie se face prin apreciere. La aparatele cu telemetru, imaginea dată de obiectivul fotografic nu este vizibilă şi, ca atare, profunzimea dorită nu poate fi reglată direct, aceasta putîndu-se stabili numai prin scala de profunzime.

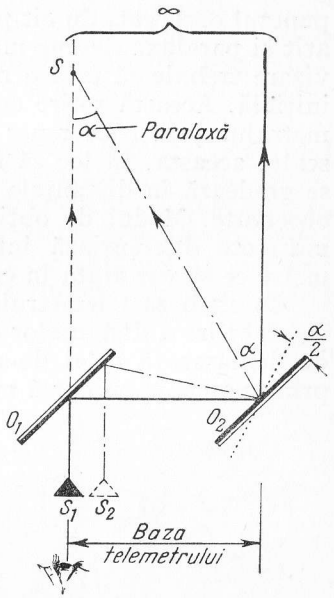


Fig. 71. Schema de principiu a telemetrelor:
O_1 şi O_2 — oglinzi (O_2 este mobilă); S — punct vizat; α — paralaxă. Se observă că rotind oglinda O_2 cu jumătatea paralaxei, cele două imagini S_1 şi S_2 diferite ale punctului S se suprapun.

Există diferite tipuri de telemetre, însă principiul lor de funcţionare este unic, şi anume aducerea în *coincidenţă* a două imagini ale aceluiaşi punct. Telemetrele au două ferestruici îndreptate către spaţiul-obiect şi, în spatele lor, în dreptul uneia din ferestruici, un ocular prin care se vizează. Sistemele optice ale fiecărei ferestruici dau cîte o imagine a punctelor din spaţiul-obiect, ambele apărînd vizibile în ocular, una direct, cealaltă adusă prin dispozi-

tivele de reflexie din interiorul telemetrului. Distanţa dintre ferestruici constituie *baza telemetrului*.

Pentru stabilirea distanţei unui punct din spaţiul-obiect se priveşte acel punct prin ocular. Dacă punctul este la infinit (de fapt, foarte departe) cele două direcţii de vizare ale ferestruicilor sînt paralele; cînd punctul este mai apropiat, în timp ce direcţia de vizare directă rămîne neschimbată, cealaltă — indirectă — nu mai rămîne paralelă cu prima, ci trebuie să se rotească cu un unghi oarecare. Acest unghi este egal cu unghiul sub care un privitor care ar sta în punctul observat, ar vedea baza telemetrului (fig. 71) şi care reprezintă *paralaxa* bazei telemetrului în raport cu punctul observat. Cu cît punctul vizat este mai aproape, cu atît şi paralaxa devine mai mare, adică direcţia a doua de vizare trebuie să facă o rotire mai mare faţă de poziţia ei iniţială. Această rotire este semnalizată în exteriorul telemetrului printr-un reper care se deplasează în faţa unei scale; aceasta, în loc să fie gradată în unghiuri de rotire, se gradează în distanţele corespunzătoare pînă la punctele observate. Modul de obţinere a rotirii direcţiei de vizare indirecte diferenţiază între ele diferitele tipuri de telemetre ce se vor arăta în cele ce urmează.

Cu cît baza telemetrului este mai mare, cu atît precizia de stabilire a distanţelor este mai mare şi cu cît mişcarea de deplasare a celei de-a doua direcţii de vizare se face prin angrenaje cu cursă mai mare (v. fig. 72), cu atît pre-

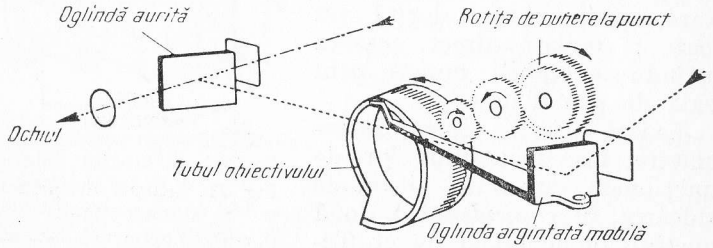


Fig. 72. Schema unui telemetru cu oglindă mobilă (rotitoare).

cizia manevrării este mai mare, însă rapiditatea determinării e mai mică (diferenţa dintre telemetrele aparatelor Zorki şi Kiev, ultimul avînd o bază mai mare).

77. **Tipuri de telemetre.** Telemetrul cu *oglindă rotitoare* este alcătuit din două oglinzi paralele, una fixă şi cealaltă mobilă (fig. 72), aşezate sub un unghi de 45° pe direcţiile de vizare. Direcţia de vizare principală (directă) este situată pe axa oglinzii fixe. Razele celei de-a doua direcţii de vizare (indirectă) se reflectă în oglinda mobilă (rotitoare) şi, de aici, în oglinda fixă, suprapunîndu-se, ca direcţie pînă la ochi, cu razele vizării directe. Cînd oglinzile sînt paralele, direcţiile de vizare sînt paralele, iar imaginile punctelor depărtate se suprapun perfect în ocularul prin care sînt privite. Pentru orice punct mai apropiat, razele vizării indirecte, reflectate în cele două oglinzi, nu vor mai coincide cu cele ale vizării directe şi, deci, în ocular vor apărea două imagini. Un dispozitiv rotind oglinda mobilă o poate aduce într-o poziţie în care razele vizării indirecte, prin reflexie corespunzătoare, sînt aduse din nou în coincidenţă cu cele ale vizării directe, astfel încît să se obţină o singură imagine. În acel moment, reperul dispozitivului de manevră indică distanţa punctului observat, iar obiectivul aparatului fotografic, a cărui deplasare este antrenată de acelaşi dispozitiv, ocupă poziţia corespunzătoare punerii la punct pe distanţa punctului vizat. Înaintarea obiectivului între limitele extreme ale punerii la punct este deci simultană cu parcurgerea de raza vizării

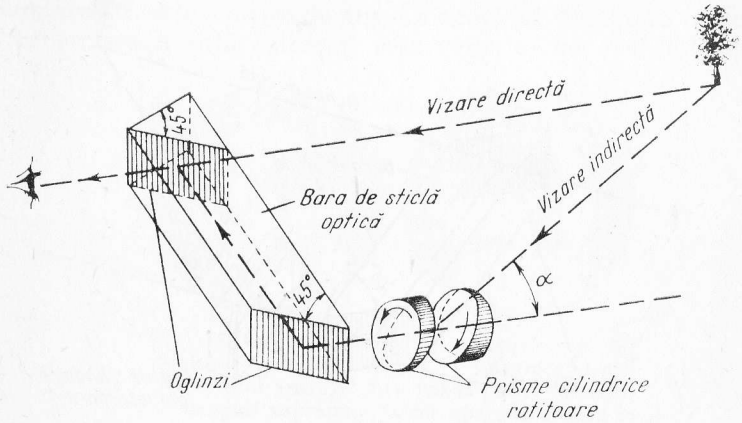


Fig. 73. Schema telemetrelor cu prisme rotitoare.

indirecte a întregului cîmp dintre distanţa infinit şi cea a celui mai apropiat punct la care se face măsurarea.

Telemetrul cu *prisme rotitoare* (fig. 73) are două oglinzi fixe, obţinute prin depuneri metalice pe două feţe înclinate

la 45° ale unei bare paralelipipedice de sticlă optică. În dreptul unei oglinzi se află ocularul, iar în dreptul celeilalte se află două discuri circulare cu feţe neparalele (prisme decupate circular), care se rotesc în sens contrar, variind poziţia planelor de incidenţă a razelor luminoase pe care le străbat. Prin această rotire se aduc succesiv, în axa oglinzii din dreptul lor, razele care parcurg distanţele telemetrate. De la oglindă, mersul razelor este identic cu cel de la telemetrul cu oglindă rotitoare, iar eliminarea imaginii duble are acelaşi efect în ce priveşte punerea la punct. Acest tip de telemetru prezintă avantajul că cele două discuri în pană pot fi distanţate de oglinda pe care o deservesc şi scoase din cutia propriu-zisă a telemetrului, ceea ce permite folosirea lui la aparatele cu burduf (Moskva, Super-Ikonta).

O variantă este telemetrul cu *lentile cilindrice alunecătoare* (aparatul Kiev), la care în faţa oglinzii pentru vizarea indirectă (fig. 74) se găsesc două lentile cilindrice (curbate numai într-un sens), una plan-concavă exterioară, cu faţa plană spre exterior şi una plan-convexă, cu faţa plană spre oglindă. Lentila interioară alunecă faţă de cealaltă după

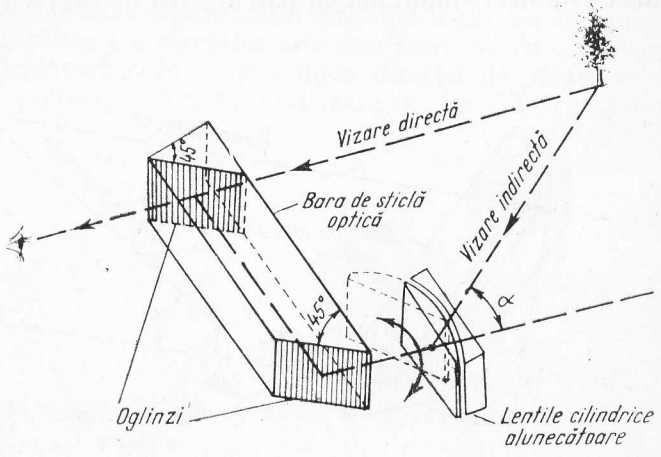


Fig. 74. Schema telemetrelor cu lentile cilindrice alunecătoare.

suprafaţa care separă convexitatea ei de concavitatea celeilalte. Prin această alunecare se obţine parcurgerea, de către raza vizării indirecte, a întregului cîmp telemetrat. În rest, funcţionarea este identică cu cea descrisă mai înainte.

Se observă că, la aparatele moderne, vizorul telemetrului nu mai este separat de ocularul de încadrare a imaginii ca în trecut, ci este cuplat cu acesta, încadrarea şi punerea la punct făcîndu-se cu acelaşi vizor.

78. **Reglarea telemetrelor.** Redarea în vizor a imaginilor pentru reglarea punerii la punct cu ajutorul telemetrelor este de două feluri: prin *dedublarea imaginii* şi prin *ruperea imaginii*.

În primul caz, în cîmpul vizorului apare o imagine generală, dată de vizarea directă, iar peste aceasta, într-o zonă centrală a ei, se suprapune imaginea dată de vizarea indirectă, astfel că în această zonă se găsesc două imagini — imagine dedublată (fig. 75). Manevrarea dispozitivelor care schimbă direcţia de vizare indirectă face ca imaginea dată de această vizare să se deplaseze astfel, încît ea poate fi adusă în coincidenţă cu cealaltă, rămînînd o singură imagine clară a elementului de subiect pus la punct. Unii constructori, pentru a diferenţia cele două imagini care se găsesc simultan în acelaşi cîmp, au colorat una dintre imagini, intercalînd în drumul razelor un filtru de sticlă colorată. Un alt fel de nuanţare coloristică a celor două imagini s-a obţinut prin realizarea specială a celor două oglinzi ale barei de sticlă optică, folosind metalizarea cu un strat foarte subţire de aur. În acest fel, imaginea văzută prin transparenţă (directă) este verzuie, iar cea reflectată

Fig. 75. Imaginea dată de vizoarele cu dedublarea imaginii. Stînga — imaginea dedublată, cînd aparatul nu e pus la punct, dreapta — imagini suprapuse, cînd aparatul e pus la punct.

are o nuanţă roz şi, prin aducerea lor în coincidenţă, imaginea pierde ambele nuanţe de culoare.

În cazul al doilea, adică prin ruperea imaginii, cîmpul vizorului cuprinde imaginea generală dată de vizarea directă,

din care, în mijloc, lipseşte o zonă rectangulară (mai rar circulară) în care, însă, apare imaginea dată de vizarea indirectă a telemetrului. De aceea, un contur oarecare (arbore, colţul unei clădiri, cuta unei haine etc.) apare rupt, întrucît, în cadrul central, imaginea lui nu este în continuarea celei din restul cadrului vizorului, ci e deplasată de o parte sau de alta a poziţiei corecte. Prin manevrarea dispozitivelor de punere la punct, care schimbă şi direcţia vizării indirecte, partea de imagine din cîmpul central care apare ruptă de rest este deplasată şi adusă în poziţia corectă, întregind astfel conturul subiectului pe care se face punerea la punct (aparat Werra).

79. **Punerea la punct cu lupa telemetrică.** Această metodă este o îmbunătăţire a punerii la punct pe geamul mat. Granulaţia suprafeţei mate a acestuia, chiar la un grad de finețe foarte mare, permite ochiului să aprecieze la fel de clar imaginile din două plane diferite ca poziţie în adîncime, dacă cercul de difuziune al punctelor acestor imagini este mai mic sau cel mult egal cu mărimea granulaţiei şi dacă ambele sînt mai mici decît limita puterii de separaţie a ochiului. Pentru cei cu vederea slabă, imaginea pe geamul mat poate apărea clară chiar la variaţii destul de sensibile ale poziţiei inelului de punere la punct a obiectivului. Precizia punerii la punct a fost mărită cu ajutorul lupei telemetrice. În mijlocul suprafeţei mate este lăsată nematizată o zonă circulară, iar suprafaţa acesteia este împărţită în două semicercuri; în limita acestor semicercuri suprafaţa geamului este înclinată în sens invers (fig. 76), realizîndu-se astfel două pene optice inversate, ale căror feţe se încrucişează la nivelul suprafeţei mate a geamului (sau a feţei plane a lentilei plan-convexe) de punere la punct. Aceasta este lupa telemetrică. Imaginea care apare vizibilă în zona lupei este ruptă în două, corespunzător celor două semicercuri ale lupei (fig. 77). Cînd planul imaginii este în faţa geamului mat (subiectul este mai depărtat decît distanţa

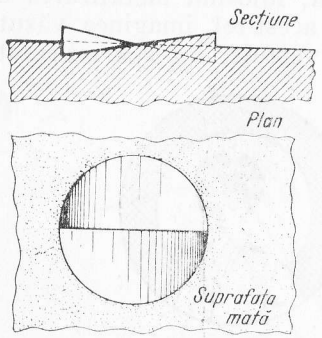


Fig. 76. Alcătuirea lupei telemetrice pe suprafaţa mată a geamurilor (lentilelor) mate.

de punere la punct), un contur nu apare în prelungire, în cele două jumătăţi ale lupei şi nici în prelungire cu restul imaginii de pe geamul mat, ci apare rupt şi deplasat de o parte şi de alta a poziţiei normale, din cauză că razele

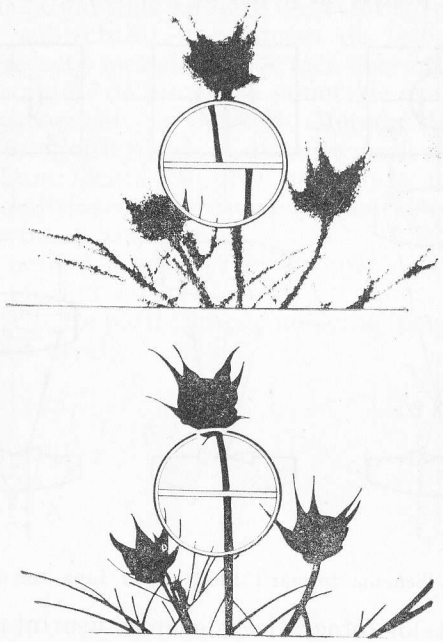


Fig. 77. Imaginea dată de lupa telemetrică: sus — subiect nepus la punct; jos — subiect pus la punct.

incidente pe cele două suprafeţe înclinate în sens invers, ale penelor lupei, dau, pentru acelaşi punct (fig. 78), două imagini care nu coincid (F_1 şi F_2). Cînd planul imaginii este în spatele geamului mat (subiectul este mai aproape decît distanţa de punere la punct) se formează, de asemenea, două imagini, însă deplasarea lor laterală este inversă celei din primul căz. Numai cînd imaginea se formează în planul geamului mat (subiect perfect pus la punct), cele două imagini ale punctului coincid, iar un contur apare în desen neîntrerupt (fig. 77) în cele trei cîmpuri vizibile. Obiectivul este deci pus la punct atunci cînd imaginea subiectului este

corect desenată pe toată suprafaţa geamului mat, neprezentînd nici o discontinuitate la trecerea desenului ei peste suprafaţa lupei telemetrice.

80. **Analiza metodelor de punere la punct.** Din analiza metodelor de punere la punct se pot obţine criterii de ale-

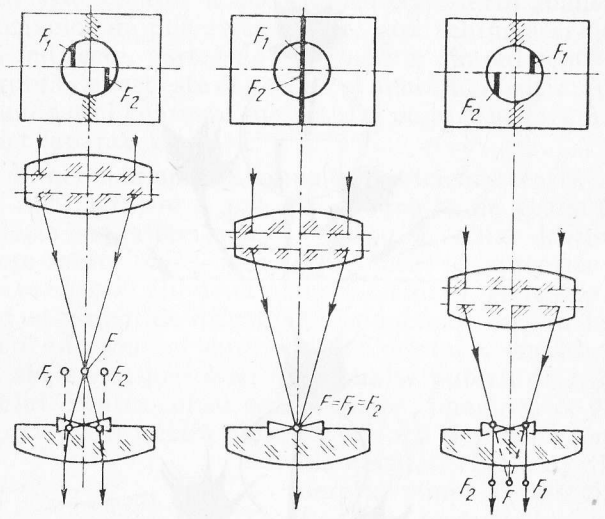


Fig. 78. Schema formării imaginii în lupa telemetrică.

gere a aparatelor fotografice, deoarece uşurinţa de manevră şi precizia sistemului condiţionează rapiditatea fotografierii şi calitatea imaginii şi pot determina preferinţa fotografului.

Punerea la punct fixă, pe repere sau prin apreciere, este legată de preţul de cost scăzut al aparatelor fotografice şi nu poate da decît rezultate de calitate medie, suficiente pentru fotografii nepretenţioase. Punerea la punct pe geam mat dă suficientă precizie, îndeosebi la aparatele perfecţionate, bine concepute şi judicios dotate, care permit obţinerea de fotografii pînă la cele mai înalte calităţi artistice. Cu această metodă nu se obţine precizia şi rapiditatea maxime, ochiul avînd totdeauna o oarecare ezitare asupra clarităţii maxime. Folosirea geamurilor speciale în fotografia curentă şi a geamului cu zonă clară, în fotografia ştiinţifică (pct. 75), măreşte posibilităţile de punere la punct dar scumpeşte aparatura. Pe de altă parte, geamul mat nu este apreciat, uneori, de cei cu vederea slabă. El prezintă totuşi un avantaj incontestabil, şi anume posibilitatea de a vedea imaginea aşa cum e dată de obiectiv, de a regla vizibil profunzimea în raport cu subiectul şi de a aprecia aspectul compoziţional al imaginii.

Cele mai rapide şi mai precise puneri la punct se obţin cu telemetrele. Cînd sînt cuplate cu vizorul, care permite şi încadrarea subiectului, rapiditatea de fotografiere este maximă. Cu această metodă se pot face cele mai mici diferenţieri în distanţele de punere la punct (de exemplu ochiul sau urechea persoanei, la portret). Metoda devine foarte favorabilă la fotografierile de la distanţe mici, unde punerea la punct trebuie făcută cu precizie asupra unui anumit plan care condiţionează obţinerea clarităţii maxime pe întreaga adîncime a subiectului.

Lupa telemetrică a adus geamului mat precizii analoge telemetrului, situînd astăzi acest fel de punere la punct — dacă se folosesc toate posibilităţile moderne (pct. 75 şi 79) — la cel mai înalt nivel.

VI. DIN PRACTICA PUNERII LA PUNCT

★ Pentru fotografiere este totdeauna necesară folosirea unui parasolar care să împiedice căderea, pe suprafaţa lentilei frontale a obiectivului, a razelor laterale, care nu sînt necesare formării imaginii, dar a căror prezenţă — prin reflexiile pe care le pot da — dăunează vigurozităţii imaginii. Acest parasolar este indispensabil, îndeosebi, la fotografierea cu ajutorul lentilelor adiţionale, precum şi la punerea la punct a imaginii, în cazul aparatelor reflex monoobiective, deoarece imaginea care se observă pe geamul mat este mult mai clară.

★ Punerea la punct pe infinit nu se utilizează decît pentru subiecte la mari depărtări (de exemplu peisaj panoramic fotografiat de pe o înălţime, fotografierea depărtărilor cu material pentru infraroşu, fotografia aeriană etc.), deoarece, în alte cazuri, nu este justificată pierderea profunzimii posterioare.

★ În general, la peisaje de mare adîncime şi fără prim-plan, punerea la punct se face pe distanţa hiperfocală corespunzătoare diafragmei alese, obţinîndu-se, în acest fel, maximul de profunzime, extinsă pînă la infinit. Metoda nu este singura, deoarece în cazul cînd în prim-plan se găseşte un subiect care interesează şi acesta este mai apropiat decît distanţa hiperfocală, se pune la punct pe acest subiect şi diafragma se alege astfel, încît profunzimea să se întindă cît mai mult în adîncime. Nu este obligatoriu ca profunzimea să meargă pînă la infinit, deoarece întîi trebuie pus în valoare subiectul, iar depărtările pot rămîne, eventual neclare, aşa cum, în cele mai multe cazuri, le vede şi ochiul omenesc.

★ Niciodată nu trebuie să avem un prim-plan neclar, chiar cînd e constituit din elemente banale, care nu interesează subiectul propriu-zis (de exemplu, iarba sau pietrele din primul plan, la un subiect situat la 6—8 m, arborele din spatele căruia apare o casă sau un peisaj).

★ Fotografierea scenelor din viaţa de toate zilele, executate pe viu (instantanee din viaţă), necesită o fotografiere rapidă, care nu permite, de cele mai multe ori, punerea la punct pe subiect (subiecte în mişcare, sau scene care se schimbă cu rapiditate). În acest caz, aparatul trebuie să fie reglat dinainte pe un anumit timp de expunere şi o anumită diafragmă, corespunzător iluminării generale în care se face instantaneul. În raport cu diafragma, aparatul se pune la punct pe o distanţă care să asigure o anumită profunzime în cîmpul căreia se va plasa probabil subiectul, prin apropiere sau prin depărtarea noastră de locul scenei pe care vrem să o fotografiem şi cu condiţia urmăririi continue în vizor a subiectului.

De obicei, în acest caz, subiectul se găseşte la o distanţă între 3 şi 10 m de aparat. Pentru a putea stabili o punere la punct fixă şi a urmări cu aparatul gata de declanşat în momentul cel mai potrivit al urmăririi subiectului, în tabela 4 se dau distanţele de punere la punct şi indicii diafragmelor, corespunzătoare celor mai indicate profunzimi care se pot adopta.

Tabela 4

Puneri la punct pentru fotografierea scenelor rapide

Distanţa focală a obiectivului cm	Distanţa pe care se pune la punct m	Limitele, în metri, ale profunzimii pentru diafragmele		
		5,6	8	11
5	3	2,5— 3,8	2,3— 4,2	2,1— 5,0
	4	3,2— 5,5	2,9— 6,5	2,6— 8,5
	6	4,3—10,1	3,8—14,3	3,3—30,0
7,5 sau 8	4	3,0— 5,7	2,8— 7,1	2,5—10,5
	5	3,6— 8,1	3,2—11,0	2,9—22,0
	6	4,1—11,0	3,7—17,0	3,0—80,0
10,5	4	3,3— 5,1	3,0— 5,8	2,8— 7,0
	5	4,0— 6,8	3,6— 8,1	3,3—11,0
	7	5,1—11,2	4,6—15,0	4,0—27,0

★ La portrete, punerea la punct se face pe ochi şi se diafragmează astfel, încît să apară clar capul (eventual şi bustul). Nu se fac portrete de la distanţe mai mici decît 1,20 m (excepţional 1 m), deoarece se obţin deformaţii de perspectivă. Fotografia de la distanţe mai mici, în cazuri

cu totul excepţionale, este rezervată maeştrilor şi numai în anumite condiţii de fotografiere.

★ Pentru evitarea redării, la portrete, a ridurilor sau a defectelor pielii feţei (pistrui etc.) nu se recurge la o neclaritate voită a punerii la punct, în scopul obţinerii unor contururi mai puţin precise. Corecţia nu se obţine printr-o punere la punct necorespunzătoare, ci prin adoptarea de mijloace de aureolare, fie la pozare (obiective speciale sau ecrane de aureolare gen Duto sau similare), fie la mărire (ecrane de aureolare la mărire). În acest ultim caz, aureolarea este inversă, adică tonurile negre difuzează în cele albe.

★ Cu cît subiectul fotografiat este mai apropiat de aparat, cu atît grija pentru acoperirea lui cu zona de claritate a profunzimii trebuie să fie mai mare. La macrofotografieri, profunzimea devine o problemă care trebuie rezolvată cu atenţie, atunci cînd subiectul prezintă o oarecare adîncime. Planul de punere la punct se situează puţin mai aproape de jumătatea adîncimii subiectului care trebuie redat clar şi se alege diafragma corespunzătoare. Pentru distanţe de fotografiere foarte mici ($2f-5f$), subiectele trebuie să aibă adîncimi mici, deoarece altfel nu se poate asigura redarea lui clară (v. exemplele 24 şi 25). De aceea apare destul de dificilă redarea de aproape a florilor dintr-un buchet, eşalonate în adîncime. De multe ori se preferă fotografierea, de la o oarecare distanţă, cu un obiectiv superfocal, şi apoi mărirea parţială a negativului obţinut. În acest caz se obţine şi o perspectivă mai bună.

Pentru orientare, în tabela 5 se dau valorile aproximative ale profunzimii totale în cazul fotografierii la scara mare, cu ajutorul mijloacelor de prelungire a extensiunii, pentru $z = \frac{1}{30}$ mm.

★ La scări de redare foarte mari $\left(\frac{1}{5} - \frac{10}{1}\right)$, punerea la punct nu se mai face, practic, prin deplasarea obiectivului faţă de emulsia sensibilă, ci prin deplasarea fin reglabilă a aparatului fotografic în totalitate, sau a însuşi subiectului.

★ Punerea la punct, fie cu ajutorul geamului mat, fie cu al telemetrelor, se execută asupra unor contururi bine distincte şi bine iluminate ale subiectului. Se folosesc, în bune condiţii, accentele de lumină (sclipirile) de pe suprafeţele lucioase, precum şi liniile de demarcaţie dintre supra-

Tabela 5

Profunzimea totală, în milimetri, pentru scări de redare mari
(valori aproximative)

Scara	Diafragma			
	5,6	**8**	**11**	**16**
1/15	101	145	202	297
1/14	88	126	177	258
1/13	76	109	153	223
1/12	65	94	131	190
1/11	55	79	110	161
1/10	46	66	92	133
1/9	38	54	75	109
1/8	30	43	60	87
1/7	23	33	46	67
1/6	18	25	35	50
1/5	13	18	25	36
1/4	8	12	16	24
1/3	5	7	10	14
1/2	2	3	5	7
1/1	0,8	1,2	1,6	2,4
2/1	0,3	0,4	0,6	0,9
3/1	0,19	0,27	0,37	0,53
5/1	0,10	0,14	0,20	0,29
8/1	0,06	0,08	0,12	0,17
10/1	0,04	0,06	0,09	0,13

feţe de tonalitate contrastantă (margini de suprafeţe negre pe fond negru sau invers). În cazul telemetrelor cu rupere a imaginii se vor alege linii verticale, a căror discontinuitate este uşor de remarcat. În cazul în care subiectul nu are astfel de linii se roteşte aparatul cu 90° şi se caută linii orizontale. Această metodă se aplică în afară de cazul în care se pune la punct prin stabilirea prealabilă a unei anumite profunzimi (de exemplu peisaj marin pus la punct pe distanţa hiperfocală).

★ Punerea la punct a subiectelor în mişcare care se face, fie adoptînd o anumită zonă de profunzime în care se caută să se plaseze subiectul (v. tabela 4), fie — cum este cazul la curse de cai, de motociclete sau de automobile — se pune la punct pe un anumit reper de pe traseul obligat, asigurînd o diafragmare corespunzătoare, iar în momentul cînd subiectul a ajuns în dreptul reperului, se declanşează obturatorul. Se va avea grijă să se adopte un timp de expunere corespunzător [1].

[1] Vezi C. Silistrarianu, *Timpul de expunere în fotografie*, Bucureşti, Editura tehnică, 1962, pag. 31—34.

★ În fotografia tehnică și științifică este nevoie, adeseori, să se obțină o zonă de profunzime mai mare decît se poate obține în condițiile de fotografiere curente. Pentru a rezolva aceste cazuri se folosesc aparate fotografice cu geam mat de tip clasic, prevăzute însă cu dispozitive de înclinare a geamului mat față de axa optică a obiectivului (de exemplu aparatul Linhof-Tehnika), aceasta nemaifiind, deci, perpendiculară pe suprafața emulsiei sensibile. Prin această înclinare, astfel cum se arată în fig. 79, pentru subiectele cu mare adîncime, extensiunea nu este identică pentru toate punctele imaginii, fiind mai mare pentru punctele mai apropiate ale subiectului și mai mică pentru cele depărtate. În acest caz, planul de punere la punct nu mai este nici el perpendicular pe axa optică, ci se confundă cu planul în care se găsesc elementele principale ale subiectului (de exemplu fațada unei case înclinate pe direcția de fotografiere). Punerea la punct și înclinarea geamului mat se reglează prin observare directă a imaginii pe geamul mat.

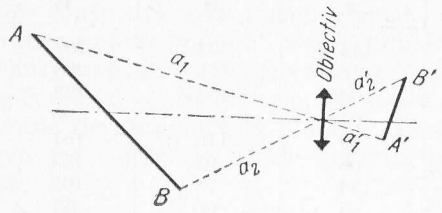


Fig. 79. Principiul profunzimii, fără diafragmare excesivă, prin înclinarea geamului mat. Extensiunile diferite a'_1 și a'_2 corespund aproximativ distanțelor-obiect extreme ale subiectului.

ANEXĂ

TABELE DE PROFUNZIME [1]

(în metri)

f=28 mm

$z = \frac{1}{20}$ mm $\quad z = \frac{1}{30}$ mm

Distanța, m	D=8	11	16	22
∞	1,96—∞	1,43—∞	0,98—∞	0,71—∞
	3,00—∞	2,20—∞	1,50—∞	1,10—∞
20	1,79—∞	1,33—∞	0,94—∞	0,69—∞
	2,60—∞	1,95—∞	1,38—∞	1,03—∞
10	1,64—∞	1,25—∞	0,90—∞	0,67—∞
	2,30—∞	1,78—∞	1,30—∞	0,98—∞
6	1,48—∞	1,16—∞	0,85—∞	0,64—∞
	1,99—∞	1,59—∞	1,20—∞	0,92—∞
4	1,32—∞	1,06—∞	0,79—∞	0,61—∞
	1,71—∞	1,41—∞	1,09—∞	0,86—∞
3	1,19—∞	0,97—∞	0,74—∞	0,58—∞
	1,50—∞	1,26—∞	1,00—∞	0,80—∞
2	1,00—∞	0,84—∞	0,66—∞	0,53—∞
	1,20—6,00	1,05—23	0,86—∞	0,71—∞
1,5	0,86—6,00	0,74—∞	0,60—∞	0,49—∞
	1,00—3,00	0,89—4,70	0,75—19,0	0,64—∞
1	0,67—1,98	0,60—3,14	0,50—12,3	0,42—∞
	0,75—1,49	0,69—1,82	0,60— 2,90	0,53—10,1

[1] Aceste tabele de profunzime sînt extrase din materialele Zeiss și Gevaert (A.H.S. Craeybeckx). Fiecare tabelă este valabilă pentru distanța focală f dată, și poate fi folosită, cu aproximație, și pentru distanțele focale indicate în observația tabelei respective. Tabelele dau pentru diferite distanțe, în metri (coloana 1), limitele anterioare și posterioare ale profunzimii, pentru diferiți indici ai diafragmei D (coloanele 2—10) și pentru neclarităților admisibile (diametrele cercurilor de difuziune z) date la începutul fiecărei tabele. În cazul în care sînt indicate două diametre ale cercurilor de difuziune (rigurozități diferite în claritatea imaginii), valorile de deasupra sînt pentru prima valoare a lui z, iar cele de dedesubt, pentru cea de-a doua valoare a neclarității admisibile.

$f=40$ mm

$z=\frac{1}{20}$ mm $z=\frac{1}{30}$ mm

Distanța, m	D= 2	2,8	4	5,6	8	11	16
∞	18 —∞ 26,7—∞	12,6—∞ 19 —∞	8,80—∞ 13,4 —∞	6,30—∞ 9,50—∞	4,41—∞ 6,70—∞	3,21—∞ 4,90—∞	2,21—∞ 3,30—∞
20	9,40—∞ 11,5 —79	7,70—∞ 9,80—∞	6,10—∞ 8,00—∞	4,80—∞ 6,50—∞	3,60—∞ 5,00—∞	2,80—∞ 3,50—∞	1,99—∞ 2,90—∞
10	6,40—23 7,30—15,9	5,60—48 6,60—21	4,70—∞ 5,70—39	3,90—∞ 4,90—∞	3,10—∞ 4,00—∞	2,40—∞ 3,30—∞	1,81—∞ 2,50—∞
6	4,50— 9,10 4,90— 7,70	4,10—11,4 4,60— 8,70	3,60—19 4,20—10,8	3,10—111 3,70—16	2,60—∞ 3,20—55	2,10—∞ 2,70—∞	1,62—∞ 2,70—∞
4	3,30— 5,20 3,50— 4,70	3,00— 5,80 3,30— 5,00	2,76—7,30 3,10—5,70	2,50—10,8 2,80— 6,80	2,10—39 2,50—9,80	1,79—∞ 2,20—22	1,43—∞ 1,83—∞
3	2,60— 3,60 2,70— 3,40	2,40— 3,90 2,60— 3,60	2,20—4,50 2,50—3,90	2,00— 5,70 2,30— 4,30	1,80—9,10 2,10—5,40	1,56—39 1,87—7,70	1,28—∞ 1,59—26
2	1,80— 2,25 1,86— 2,16	1,73— 2,40 1,81— 2,23	1,64—2,60 1,74—2,34	1,53— 2,90 1,66— 2,52	1,39—3,60 1,55—2,82	1,24—5,10 1,43—3,35	1,06—18 1,26—4,80
1,5	1,39— 1,42 1,42— 1,59	1,34— 1,70 1,39— 1,62	1,29—1,80 1,35—1,68	1,22— 1,95 1,30— 1,77	1,13—2,20 1,23—1,92	1,03—2,80 1,15—2,10	0,90—4,40 1,04—2,70
1	0,95— 1,06 0,97— 1,04	0,93— 1,08 0,95— 1,05	0,90—1,12 0,93—1,08	0,87— 1,18 0,91— 1,11	0,82—1,28 0,88—1,17	0,77—1,43 0,84—1,25	0,70—1,77 0,78—1,40

Observație. Tabela poate servi, cu aproximație, și pentru $f=35$ mm și $f=45$ mm.

$f=50$ mm

$z=\frac{1}{20}$ mm $z=\frac{1}{30}$ mm

Distanța, m	D= 1,5	2	2,8	4	5,6	8	11	16	22
∞	36 —∞ 55 —∞	27 —∞ 41 —∞	19 —∞ 29 —∞	13,5—∞ 21 —∞	9,70—∞ 14,6—∞	6,80—∞ 10,2—∞	4,90—∞ 7,40—∞	3,40—∞ 5,10—∞	2,50—∞ 3,70—∞
20	12,9—45 14,7—32	11,5—76 13,5—39	9,80—∞ 11,9—63	8,10—∞ 10,1—∞	6,50—∞ 8,50—∞	5,10—∞ 6,80—∞	4,00—∞ 5,40—∞	2,90—∞ 4,10—∞	2,20—∞ 3,10—∞
15	— —	9,50—37 —	8,50—85 —	7,00—∞ —	5,50—∞ —	4,50—∞ —	4,00—∞ —	3,00—∞ —	2,00—∞ —
10	7,80—13,8 8,50—12,2	7,30—15 8,00—13,2	6,60—21 7,50—15	5,80—38 6,70—19	4,90—∞ 6,00—31	4,00—∞ 5,10—∞	3,30—∞ 4,30—∞	2,50—∞ 3,40—∞	1,98—∞ 2,70—∞
6	5,20—7,20 5,40—6,70	4,90—7,70 5,20—7,00	4,60—8,70 5,00—7,50	4,20—10,7 4,70—8,50	3,70—16 4,30—10,1	3,20—50 3,80—14,3	2,70—∞ 3,30—30	2,20—∞ 2,80—∞	1,76—∞ 2,30—∞
4	3,60—4,50 3,70—4,30	3,50—4,70 3,60—4,40	3,32—5,00 3,50—4,60	6,10—5,70 3,40—5,00	2,80—6,80 3,20—5,50	2,50—9,60 2,90—6,50	2,20—20 2,60—8,50	1,85—∞ 2,30—18	1,54—∞ 1,94—∞
3	2,77—3,30 2,84—3,17	2,70—3,40 2,80—3,23	2,60—3,54 2,70—3,30	2,46—3,80 2,60—3,50	2,30—4,30 2,50—3,80	2,10—5,30 2,30—4,20	1,88—7,50 2,10—5,00	1,60—24 1,90—7,10	1,36—∞ 1,68—14,4
2	1,90—2,11 1,93—2,07	1,87—2,16 1,91—2,10	1,82—2,22 1,88—2,14	1,75—2,34 1,83—2,21	1,66—2,50 1,77—2,30	1,55—2,80 1,68—2,50	1,43—3,30 1,59—2,70	1,27—4,70 1,45—3,20	1,12—9,60 1,31—4,20
1,5	1,44—1,56 1,46—1,54	1,42—1,59 1,45—1,56	1,40—1,62 1,43—1,58	1,36—1,68 1,40—1,61	1,30—1,77 1,37—1,67	1,24—1,91 1,31—1,75	1,16—2,10 1,26—1,86	1,05—2,60 1,17—2,10	0,94—3,70 1,08—2,50
1	0,97—1,03 0,98—1,02	0,97—1,04 0,98—1,02	0,95—1,05 0,97—1,03	0,93—1,08 0,96—1,05	0,91—1,11 0,94—1,07	0,88—1,16 0,92—1,10	0,84—1,24 0,89—1,15	0,78—1,39 0,84—1,23	0,72—1,63 0,80—1,34
0,8	— —	0,78—0,82 —	0,77—0,84 —	0,75—0,85 —	0,74—0,87 —	0,71—0,91 —	0,69—0,96 —	0,65—1,05 —	0,60—1,20 —
0,5	— —	0,49—0,51 —	0,49—0,51 —	0,48—0,52 —	0,48—0,53 —	0,47—0,54 —	0,46—0,55 —	0,44—0,58 —	0,42—0,62 —

f=58 mm

$z = \frac{1}{20}$ mm

Distanța, m	D= 2	2,8	4	5,6	8	11	16	22
∞	34 — ∞	24 — ∞	17 — ∞	12 — ∞	8 — ∞	6 — ∞	4 — ∞	3 — ∞
20	12,6 — 49	11 — 118	9,40 — ∞	7,50 — ∞	6 — ∞	4,70 — ∞	3,50 — ∞	2,70 — ∞
15	10,4 — 27	9,20 — 40	7,90 — 134	6,70 — ∞	5,40 — ∞	4,36 — ∞	3,29 — ∞	2,55 — ∞
10	7,70 — 14	7,10 — 17	6,30 — 24	5,50 — 58	4,60 — ∞	3,80 — ∞	3,00 — ∞	2,40 — ∞
8	6,50 — 10,4	6,00 — 11,9	5,40 — 15	4,82 — 23	4,12 — 144	3,48 — ∞	2,77 — ∞	2,22 — ∞
6	5,10 — 7,30	4,80 — 8,00	4,40 — 9,30	4 — 12	3,50 — 20	3 — 207	2,50 — ∞	2 — ∞
4	3,58 — 4,54	3,43 — 4,80	3,23 — 5,30	3 — 6	2,70 — 7,60	2,42 — 11,6	2 — 82	1,70 — ∞
3	2,76 — 3,29	2,67 — 3,42	2,55 — 3,64	2,41 — 3,97	2,22 — 4,62	2,03 — 5,80	1,76 — 10	1,50 — 80
2	1,89 — 2,12	1,85 — 2,18	1,79 — 2,26	1,72 — 2,39	1,63 — 2,60	1,52 — 2,93	1,37 — 3,70	1,20 — 5,50
1,5	1,44 — 1,57	1,42 — 1,60	1,38 — 1,64	1,34 — 1,70	1,28 — 1,81	1,21 — 1,96	1,12 — 2,28	1,02 — 2,84
1	0,97 — 1,03	0,96 — 1,04	0,95 — 1,06	0,93 — 1,08	0,90 — 1,13	0,87 — 1,18	0,82 — 1,29	0,77 — 1,45
0,8	0,78 — 0,82	0,78 — 0,83	0,77 — 0,84	0,75 — 0,85	0,74 — 0,88	0,71 — 0,91	0,68 — 0,97	0,64 — 1,05
0,6	0,59 — 0,61	0,59 — 0,61	0,58 — 0,61	0,57 — 0,63	0,56 — 0,64	0,55 — 0,66	0,53 — 0,69	0,51 — 0,73
0,5	0,49 — 0,51	0,49 — 0,51	0,49 — 0,51	0,48 — 0,52	0,48 — 0,53	0,47 — 0,54	0,45 — 0,56	0,44 — 0,58

f=75 mm

$z = \frac{1}{20}$ mm

Distanța m	D= 2,8	4	5,6	8	11	16	22
∞	40 — ∞	24 — ∞	20 — ∞	14 — ∞	10 — ∞	7 — ∞	5 — ∞
20	14 — 40	11 — 70	10 — ∞	8 — ∞	6 — ∞	5 — ∞	4 — ∞
10	8,50 — 12,5	7 — 17	6,50 — 20	5,50 — 40	5 — 50	4 — ∞	3,20 — ∞
6	5,40 — 6,50	4,80 — 7,80	4,50 — 9	4 — 12	3,50 — 16	3 — 50	2,50 — ∞
4	3,70 — 4,40	3,40 — 4,80	3,30 — 5,20	3 — 6	2,80 — 7	2,50 — 10	2 — 20
3	2,85 — 3,20	2,70 — 3,40	2,60 — 3,60	2,40 — 4	2,20 — 4,40	2 — 5,50	1,80 — 10
2	1,93 — 2,10	1,85 — 2,20	1,80 — 2,25	1,75 — 2,40	1,65 — 2,50	1,50 — 2,80	1,40 — 3,50
1,5	1,45 — 1,56	1,42 — 1,58	1,40 — 1,65	1,35 — 1,75	1,30 — 1,80	1,20 — 1,90	1,10 — 2,10
1	0,98 — 1,02	0,96 — 1,04	0,95 — 1,05	0,93 — 1,07	0,91 — 1,10	0,87 — 1,16	0,83 — 1,25
0,8	0,79 — 0,81	0,78 — 0,82	0,76 — 0,84	0,75 — 0,85	0,74 — 0,87	0,71 — 0,90	0,70 — 0,95

$f = 85$ mm

$z = \frac{1}{20}$ mm $\qquad$ $z = \frac{1}{30}$ mm

Distanța m	$D=$ 2	2,8	4	5,6	8	11	16	22	32
∞	72 $-\infty$ 109 $-\infty$	52 $-\infty$ 78 $-\infty$	36 $-\infty$ 55 $-\infty$	26 $-\infty$ 39 $-\infty$	18 $-\infty$ 27 $-\infty$	13,10 $-\infty$ 20 $-\infty$	9 $-\infty$ 13,7 $-\infty$	6,60 $-\infty$ 10 $-\infty$	4,50 $-\infty$ 6,80 $-\infty$
20	16 -28 16,9 -24	14,4 -33 16 -27	12,9 -45 14,7 -31	11,3 -88 13,3 -41	9,50 $-\infty$ 11,6 -73	7,90 $-\infty$ 10 $-\infty$	6,20 $-\infty$ 8,10 $-\infty$	5 $-\infty$ 6,70 $-\infty$	3,70 $-\infty$ 5,10 $-\infty$
10	8,80 $-11,6$ 9,20 $-11,0$	8,40 $-12,4$ 8,90 $-11,5$	7,80 $-13,8$ 8,50 $-12,2$	7,20 $-16,2$ 8 $-13,4$	6,50 -22 7,30 -16	5,70 -41 6,70 -20	4,80 $-\infty$ 5,80 -36	4 $-\infty$ 5 $-\infty$	3,10 $-\infty$ 4,10 $-\infty$
6	5,50 $-6,50$ 5,70 $-6,30$	5,40 $-6,80$ 5,60 $-6,50$	5,16 $-7,20$ 5,40 $-6,70$	4,88 $-7,80$ 5,20 $-7,10$	4,50 $-8,90$ 4,90 $-7,70$	4,10 $-10,9$ 4,60 $-8,50$	3,60 -17 4,20 $-10,6$	3,20 -60 3,80 $-14,8$	2,60 $-\infty$ 3,20 -44
4	3,79 $-4,20$ 3,86 $-4,15$	3,72 $-4,30$ 3,81 $-4,21$	3,60 $-4,50$ 3,73 $-4,31$	3,50 $-4,70$ 3,64 $-4,45$	3,30 $-5,10$ 3,50 $-4,70$	3,10 $-5,70$ 3,30 $-5,00$	2,80 $-7,10$ 3,10 $-5,60$	2,50 $-9,90$ 2,90 $-6,60$	2,10 -30 2,50 $-9,40$
3	2,88 $-3,13$ 2,92 $-3,08$	2,84 $-3,18$ 2,89 $-3,12$	2,77 $-3,26$ 2,85 $-3,17$	2,70 $-3,40$ 2,79 $-3,24$	2,60 $-3,60$ 2,70 $-3,36$	2,50 $-3,90$ 2,60 $-3,50$	2,30 $-4,40$ 2,50 $-3,80$	2,10 $-5,40$ 2,30 $-4,20$	1,82 $-8,50$ 2,10 $-5,20$
2	1,95 $-2,05$ 1,97 $-2,04$	1,93 $-2,08$ 1,95 $-2,05$	1,90 $-2,11$ 1,93 $-2,07$	1,86 $-2,16$ 1,91 $-2,10$	1,81 $-2,24$ 1,87 $-2,15$	1,75 $-2,30$ 1,82 $-2,21$	1,65 $-2,50$ 1,75 $-2,30$	1,55 $-2,80$ 1,68 $-2,50$	1,40 $-3,50$ 1,56 $-2,80$
1,5	1,47 $-1,53$ 1,48 $-1,52$	1,46 $-1,54$ 1,47 $-1,53$	1,44 $-1,56$ 1,46 $-1,54$	1,42 $-1,59$ 1,45 $-1,56$	1,39 $-1,63$ 1,43 $-1,58$	1,35 $-1,68$ 1,40 $-1,62$	1,30 $-1,78$ 1,36 $-1,67$	1,23 $-1,91$ 1,31 $-1,75$	1,14 $-2,20$ 1,24 $-1,89$
1	0,99 $-1,01$ 0,99 $-1,01$	0,98 $-1,02$ 0,98 $-1,01$	0,98 $-1,03$ 0,98 $-1,02$	0,97 $-1,04$ 0,98 $-1,02$	0,95 $-1,05$ 0,97 $-1,04$	0,94 $-1,08$ 0,96 $-1,05$	0,91 $-1,11$ 0,94 $-1,07$	0,88 $-1,16$ 0,92 $-1,10$	0,83 $-1,25$ 0,88 $-1,15$

Observație. Tabela poate servi, cu aproximație și pentru $f = 8$ mm

$f = 105$ mm

$z = \frac{f}{1000}$

Distanța, m	$D=$ 3 5	4,5	5,6	8	11	16	22
∞	30 $-\infty$	23,3 $-\infty$	18,8 $-\infty$	13,1 $-\infty$	9,50 $-\infty$	6,60 $-\infty$	4,80 $-\infty$
20	12 $-59,4$	10,8 $-\infty$	9,70 $-\infty$	7,90 $-\infty$	6,50 $-\infty$	5 $-\infty$	3,90 $-\infty$
10	7,50 $-14,9$	7 $-17,4$	6,50 $-21,2$	5,70 $-40,6$	4,90 $-\infty$	4 $-\infty$	3,30 $-\infty$
7	5,70 $-9,10$	5,40 $-9,90$	5,10 $-11,1$	4,60 $-14,7$	4,10 $-25,2$	3,40 $-\infty$	2,90 $-\infty$
5	4,30 -6	4,10 $-6,30$	4 $-6,80$	3,60 -8	3,30 $-10,3$	2,90 $-19,7$	2,50 $-\infty$
4	3,50 $-4,60$	3,40 $-4,80$	3,30 -5	3,10 $-5,70$	2,80 $-6,80$	2,50 $-9,80$	2,20 $-21,7$
3	2,70 $-3,30$	2,68 $-3,40$	2,60 $-3,50$	2,50 $-3,80$	2,30 $-4,30$	2,10 $-5,40$	1,86 $-7,60$
2	1,88 $-2,10$	1,85 $-2,20$	1,82 $-2,20$	1,75 $-2,30$	1,67 $-2,50$	1,55 $-2,80$	1,43 $-3,30$
1,4	1,34 $-1,46$	1,33 $-1,48$	1,31 $-1,50$	1,27 $-1,55$	1,23 $-1,62$	1,17 $-1,74$	1,10 $-1,92$
1	0,97 $-1,03$	0,96 $-1,04$	0,95 $-1,05$	0,94 $-1,07$	0,91 $-1,10$	0,88 $-1,16$	0,84 $-1,23$

$f = 135$ mm

$z = \frac{1}{20}$ mm $\qquad z = \frac{1}{30}$ mm

Distanța, m	$D =$ 4	5,6	8	11	16	22
∞	91 — ∞	65 — ∞	46 — ∞	33 — ∞	23 — ∞	16,6 — ∞
	138 — ∞	99 — ∞	69 — ∞	50 — ∞	35 — ∞	25,1 — ∞
20	16 — 26	15 — 29	13,9 — 36	12,5 — 50	10,7 — 156	9,10 — ∞
	18 — 23	17 — 25	16 — 28	14,3 — 33	12,7 — 47	11,2 — 95,8
10	9 — 11,2	8,70 — 11,8	8,20 — 12,8	7,70 — 14,2	7 — 18	6,30 — 24,7
	9,30 — 10,8	9,10 — 11,1	8,80 — 11,7	8,40 — 12,4	7,80 — 14	7,20 — 16,5
6	5,64 — 6,40	5,50 — 6,60	5,30 — 6,90	5,10 — 7,30	4,80 — 8,10	4,43 — 9,30
	5,80 — 6,30	5,70 — 6,30	5,50 — 6,60	5,40 — 6,80	5,10 — 7,20	4,86 — 7,80
4	3,84 — 4,18	3,78 — 4,25	3,69 — 4,37	3,58 — 4,53	3,42 — 4,82	3,24 — 5,20
	3,90 — 4,10	3,84 — 4,16	3,78 — 4,24	3,70 — 4,30	3,60 — 4,50	3,47 — 4,73
3	2,91 — 3,10	2,87 — 3,14	2,82 — 3,20	2,76 — 3,28	2,67 — 3,43	2,56 — 3,63
	2,94 — 3,06	2,91 — 3,09	2,88 — 3,13	2,83 — 3,20	2,77 — 3,30	2,69 — 3,39
2	1,96 — 2,04	1,94 — 2,06	1,92 — 2,09	1,89 — 2,12	1,85 — 2,17	1,80 — 2,25
	1,97 — 2,02	1,96 — 2,04	1,95 — 2,06	1,93 — 2,08	1,90 — 2,11	1,86 — 2,16
1,5	1,48 — 1,52	1,47 — 1,53	1,46 — 1,55	1,44 — 1,56	1,42 — 1,60	1,39 — 1,63
	1,49 — 1,52	1,48 — 1,52	1,47 — 1,53	1,46 — 1,54	1,44 — 1,56	1,42 — 1,59

BIBLIOGRAFIE

1. D i k o, L., I o f i s E. *Tehnica și arta fotografică* (trad. din l. rusă). București, Editura tehnică, 1961.
2. S t a p f, H. *Practica fotografică* (trad. din l. germană). București, Editura tehnică, 1958.
3. S i m o n o v, A. G. *Fotografia la lumina artificială* (trad. din l. rusă). București, Editura tehnică, 1961.
4. C o m ă n e s c u, S. *Evitarea greșelilor la fotografiere*. București, Editura tehnică, 1962.
5. C o n s t a n t i n e s c u, S. *Peisajul în fotografie*. București, Editura tehnică, 1962.
6. S i l i s t a r i a n u, C. *Timpul de expunere în fotografie*. București, Editura tehnică, 1962.
7. F i n c k e, H. E. *Das Objektiv deiner Kamera*. Halle (Saale), Fotokinoverlag, 1959.
8. N a u m a n n, H. *Das Auge meiner Kamera*. Halle (Saale), Verlag von Wilhelm Knapp, 1937.
9. R o u b i e r, J. *La photographie et le cinéma d'amateur*. Paris, Larousse, 1956.
10. B a i e r, W. *Optik, Perspective und Rechnungen in der Fotografie*. Leipzig, Fachbuchverlag, 1959.
11. A n g e r e r, E., J o o s G. *Wissenschaftliche Photographie*. Leipzig, Akademische Verlagsgesellschaft, 1959.
12. C r a e y b e c k x, A. H. S. *Gevaert manual of Photography*. London, Fountain Press, 1962.
13. D a v i d, L. *Photographisches Praktikum*. Halle (Saale), Verlag von Wilhelm Knapp, 1932.
14. W u r s t, W. *Exacta Kleinbild-Fotografie*. Halle (Saale), Fotokinoverlag, 1961.
15. *Camera*. Revue mensuelle internationale de la photographie et du film, organe officiel de l'Europhot, Lucerna. Colecțiile 1960, 1961, 1962.
16. *Photo-Cinema*. Publications photo-cinema Paul Montel. Paris, Colecțiile 1960, 1961, 1962.

TABLA DE MATERII

Prefaţă 3
Introducere 5

I. *Lumina şi proprietăţile ei* 9
Propagarea luminii 9
1. Lumina şi modul de propagare a ei 9
2. Viteza de propagare a luminii 9
3. Lungimea de undă 10
Aspecte particulare ale propagării luminii 11
4. Reflexia 11
5. Refracţia 12
6. Refracţia în sticle optice 13
7. Reflexia totală 13
8. Devierea în plăcile plan-paralele 14
9. Devierea la trecerea printr-o prismă 15
10. Trecerea luminii dintr-un mediu într-altul 15
11. Dispersia lumini 16
12. Culorile şi vizibilitatea lor 17
13. Difracţia 18
14. Polarizarea 19

II. *Elemente de optică fotografică* 21
Mijloace de obţinere a imaginii 21
15. Camera obscură 21
16. Lentilele şi formele lor 21
17. Elementele caracteristice ale lentilelor 23
18. Puterea de refracţie a lentilelor 25
Imaginea şi elementele ei geometrice 25
19. Formarea imaginii 25
20. Ecuaţia formării imaginii 27
21. Variaţia imaginii în funcţie de poziţia subiectului . . 28
22. Sisteme optice cu două lentile 31
Aberaţiile lentilelor 33
23. Aspecte generale 33
24. Aberaţia cromatică 33
25. Aberaţia de sfericitate 34
26. Coma 35
27. Astigmatismul 36
28. Curbura imaginii 38
29. Distorsiunea 38
30. Pata de lumină 39
31. Eliminarea aberaţiilor 40

III. *Obiectivele fotografice* 41
Caracteristicile obiectivelor 41
32. Obiectivul fotografic 41
33. Luminiozitate şi diafragmă 41
34. Unghiul de poză 43
35. Obiective normale 44
36. Obiective superangulare 44
37. Obiective superfocale 45
38. Definirea distanţelor focale scurte şi lungi 45
39. Vignetarea 46
40. Pierderi prin reflexii şi absorbţie 48
Tipuri de obiective 48
41. Orificiul 48
42. Monoclul 49
43. Periscopul 50
44. Acromatul 50
45. Aplanatul 50
46. Antiplanetul 50
47. Obiectivul Petzval 51
48. Anastigmatul 51
Obiective speciale 54
49. Obiectivul superangular 54
50. Teleobiectivele 56
51. Obiectivele de aureolare 56
52. Obiectivele cu distanţă focală variabilă 56
53. Obiectivele cu distanţă focală multiplă 57
54 Obiectivele cu oglindă 57
Îngrijirea obiectivelor 58

IV. *Punerea la punct* 60
Punerea la punct a imaginii şi condiţiile de claritate 60
55. Operaţia de punere la punct 60
56. Puterea de separaţie vizuală 61
57. Neclaritatea admisibilă 62
Profunzimea şi determinarea ei 63
58. Cîmpul redat clar 63
59. Mărimea profunzimii 64
60. Punerea la punct pe infinit 65
61. Punerea la punct pe aproape-infinit 69
62. Punerea la punct oarecare sau pentru o anumită profunzime 70
63. Tabelele de profunzime 71
64. Scala profunzimilor 72
Fotografierea de aproape (macrofotografia) 74
65. Posibilităţile aparatelor fotografice 74
66. Lentilele adiţionale 74
67. Tuburile, inelele şi burdufurile 80
68. Cazul folosirii ambelor mijloace 84
69. Profunzimea în fotografia de aproape 84
V. *Mijloace de punere la punct* 87
70. Punerea la punct fixă 87
71. Punerea la punct pe repere 87
72. Punerea la punct prin apreciere 88

73. Punerea la punct pe geam mat 89
74. Aparate reflex 90
75. Dispozitive speciale pentru reglarea punerii la punct pe geamul mat 92
76. Punerea la punct cu telemetrul 95
77. Tipuri de telemetre 96
78. Reglarea telemetrelor 99
79. Punerea la punct cu lupa telemetrică 100
80. Analiza metodelor de punere la punct 102

VI. *Din practica punerii la punct* 104
Anexă 109
Bibliografie 117

Redactor responsabil: BRĂDESCU JEAN
Tehnoredactor: LECA GRIGORE

Dat la cules 17.06.1964. Bun de tipar 14.09.1964. Apărut 1964. Tiraj 25000+140 Broşate. Hîrtie velină ilustraţii de 80 g/m², 540×840/16. Coli editoriale 6,39. Coli de tipar 7,50. A. 9424/1964. C.Z. pentru bibliotecile mari şi mici 77.

Tiparul executat la Întreprinderea Poligrafică Sibiu, str. N. Bălcescu nr. 17 — R.P.R.